Die Unternehmung als kybernetisches System

Dissertation
zur Erlangung des
wirtschaftswissenschaftlichen Doktorgrades
der
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Heino Janßen

aus Berlin

Göttingen 1968

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544311_0003

Die Unternehmung als kybernetisches System

Dissertation
zur Erlangung des
wirtschaftswissenschaftlichen Doktorgrades
der
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Heino Janßen

aus Berlin

Göttingen 1968

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Berichterstatter: Prof. Dr. Adolf Angermann
Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dr. h. c. Wilhelm Hasenack
Tag der mündlichen Prüfung: 13. Dezember 1968

Inhaltsübersicht

Einleitung 1

Erster Teil: Die Kybernetik als Theorie der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten dynamischer Systeme 7

§ 1 Grundbegriffe des dynamischen Systems 7

11) Zustand und Verhalten des dynamischen Systems 7

12) Gleichgewicht und Anpassung 12

13) Komplexität und Indeterminiertheit 19

14) Information und Informationsübertragung 25

141) Die verschiedenen Ebenen der Information 25

142) Die Informationsmenge im ungestörten Kanal 29

143) Die Informationsmenge im gestörten Kanal 35

§ 2 Die Anpassung dynamischer Systeme 43

21) Regelung als Grundelement der Anpassung (Das Regelkreisschema) 43

22) Verhaltensweisen in den verschiedenen Anpassungsformen 54

221) Stabilität durch Rückkopplung erster Ordnung 54

222) Ultrastabilität 56

223) Multistabilität (Rückkopplung zweiter Ordnung) 60

2231) Relative Autonomie und Koordination der Teilsysteme 60

2232) Lernfähigkeit des dynamischen Systems 64

23) Aufbau- und Organisationsprinzipien zu höheren Anpassungsformen 72

231) Das Phänomen Organisation 72

232) Funktionsteilung (System von Regelkreisen) 78

233) Verbindung der Regelkreise 82

2331) Gleichordnung (Vermaschung) 82

2332) Hierarchische Ordnung 84

Zweiter Teil: Die Bedeutung der Kybernetik für den systemhaften Aufbau einer Theorie der Unternehmung 95

§ 3 Die Überwindung der traditionellen Gleichgewichtstheorie 95

31) Das Gleichgewichtsmodell der traditionellen Betriebswirtschaftslehre 95

32) Die Berichtigung der Zielsetzung der traditionellen Gleichgewichtstheorie 105

321) Der Einfluß der Motivation der Wirtschaftssubjekte auf die Zielsetzung der Unternehmung 105

322) Die Zielsetzung bei Unvollkommenheit der Information 110

323) Die Existenz der Organisation und ihr Einfluß auf die Zielsetzung der Unternehmung 114

§ 4 Die Anpassung der Unternehmung durch individuelle Regelungsprozesse (Theorie der Verhaltensweisen) 117

41) Die Übertragung des Regelkreisschemas auf das soziale System "Unternehmung" 117

42) Rückkopplungen erster Ordnung 130

43) Der wirtschaftliche Entscheidungsprozeß als Regelungsprozeß mit Rückkopplungen höherer Ordnung 134

431) Informationsgewinnung und Analyse des Entscheidungsproblems 134

432) Die Auswahl alternativer Lösungsmöglichkeiten (Planung von Entscheidungen) 138

4321) Der Ganzheitsgedanke in der Planung 138

4322) Der Zeitfaktor und die Unsicherheit der Erwartungen in der Planung 144

433) Die Bewertung der Lösungsalternativen 149

434) Prozeß der Willensbildung (Entscheidungsakt) 154

435) Die Begrenzungsfaktoren der Rationalität individueller Regelungsprozesse 157

44) Rückkopplungen zweiter Ordnung (Erfahrungsregelung) 160

45) Rückkopplungen dritter Ordnung 162

451) Regelung über ein inneres Modell der Außenwelt 162

Exkurs: Das Verhältnis von Operations Research und Kybernetik 167

452) Die Formen der Rückkopplung dritter Ordnung 171

4521) Optimalregelung 171

4522) Progressivregelung 173

§ 5 Anpassung der Unternehmung durch kollektive Regelungsprozesse (Theorie der Organisation) 177

51) Die Organisationstheorie als Theorie kollektiver Regelungsprozesse 177

52) Die Bildung eines kollektiven Wertsystems 185

53) Durchsetzung des kollektiven Wertsystems 195

531) Funktionsteilung (Unternehmung als System von Regelkreisen) 195

5311) Morphologischer Aufbau des Regelkreissystems (Aufbauorganisation) 195

53111) Das Weisungssystem 195

53112) Das Kommunikationssystem 205

5312) Organisation als Zusammenspiel von Prozessen und Abläufen (Ablauforganisation) 211

532) Koordination der Prozesse und Abläufe 217

54) Problem der Bestimmung von optimalen Organisationsformen 225

55) Substitution Arbeit/Kapital: Elektronische Datenverarbeitung als Verstärkertechnik 236

551) Kybernetik und Automation 236

552) Die Anwendungsbereiche der elektronischen Datenverarbeitung 241

553) Integrierte Datenverarbeitungssysteme 250

554) Elektronische Datenverarbeitung unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit und der Auswirkungen auf die Organisation der Unternehmung 258

Literaturverzeichnis 265

Einleitung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die ganzheitliche Darstellung der dynamischen Gleichgewichtsbedingungen von Wirtschaftseinheiten, die als Unternehmungen[1] bezeichnet werden. Der Verfasser unternimmt den Versuch, ein Gerüst für eine Unternehmungstheorie zu schaffen, in das a l l e betriebswirtschaftlich relevanten Phänomene logisch lückenlos eingebaut werden können. Es wird daher nur wenig Wert auf die Darstellung bestimmter Details gelegt, sondern eine Gesamtkonzeption angestrebt, wie sie der Studierende der Betriebswirtschaftslehre heute (sowohl in den Vorlesungen als auch in der Literatur) noch vergeblich sucht; in diesem Sinne dürfte es zweckmäßig sein, die Arbeit auch (oder vorwiegend) unter methodologischen Gesichtspunkten zu betrachten.

Als logisch-theoretische Grundlage für die angestrebte Unternehmungstheorie wird die Kybernetik[2] gewählt, in deren Mittelpunkt

---

1) Dabei soll von der Auffassung ausgegangen werden, daß als "Betrieb" die enger gefaßte produktionstechnische Wirtschaftseinheit zu bezeichnen ist, während der Begriff der "Unternehmung" darüberhinaus auch die finanziell-rechtlich-organisatorischen Aspekte einbezieht; vgl. dazu auch Wittmann, W.: Überlegungen zu einer Theorie des Unternehmungswachstums, in ZfhF 1961, S. 497; Heinen, E.: Das Zielsystem der Unternehmung, Wiesbaden 1966, S. 61; anders Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band I: Die Produktion, 6. Auflage, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1961, S. 340 ff.; zu diesem Thema recht ausführlich (wenn auch mit etwas anderem Ergebnis): Hasenack, W.: Methoden- und Entwicklungsprobleme der Betriebswirtschaftslehre, in: Aktuelle Betriebswirtschaft, Festschrift für Konrad Mellerowicz, Berlin 1952, S. 10 ff.

2) Bereits 1959 hatte Angermann die Frage nach der Bedeutung der Kybernetik für den logischen, systemhaften Aufbau der Betriebswirtschaftslehre als Wissenschaft gestellt; vgl. Angermann, A.: Kybernetik und betriebliche Führungslehre, in BFuP 1959, S. 261. Vorliegende Arbeit ist auch (beziehungsweise im wesentlichen) als Antwort auf diese Fragestellung zu verstehen; nach Kenntnis des Verfassers ist ein derartiger Versuch bisher nicht unternommen worden.

das dynamische System steht. Kybernetik wird von Klaus[1] in zweifacher Weise definiert, nämlich als

1) Theorie des möglichen Verhaltens möglicher Systeme
2) Theorie des Zusammenhangs dynamischer Systeme mit ihren Teilsystemen.

Die Betonung liegt bewußt auf den möglichen Systemen: Es soll dadurch ausgedrückt werden, daß die Kybernetik alle theoretisch denkbaren (also auch die noch gar nicht existierenden) Systeme untersucht und andererseits von den materiellen Eigenschaften der Systeme völlig abstrahiert und nur auf die Informationsvorgänge abstellt. Die möglichen dynamischen Systeme können zunächst in drei große Gruppen zusammengefaßt werden[2]:

1) Natürliche Systeme (Organismen)
2) Organisierte Systeme (soziale Systeme)[3]
3) Künstliche Systeme (informationsverarbeitende Maschinen)

Unter dem Gesichtspunkt der Organisation dynamischer Systeme nehmen die Organismen eine Sonderstellung ein: Der lebende Organismus ist der Idealfall einer vollkommenen Organisation, durch welche das komplizierte Zusammenspiel einer riesigen Anzahl von

---

1) Klaus, Georg: Kybernetik in philosophischer Sicht, dritte überarbeitete Auflage, Berlin 1963, S. 35/36 und S. 41; entsprechend Beer, St.: Kybernetik und Management, Frankfurt/Main, 1959, S. 40.

2) vgl. Lutz, Theo: Kybernetik, Struktur und Simulation, in: Soziale Welt 1965, S. 34; Stoljarow, V. und Kannegießer, K.H.: Zu einigen Fragen der Kybernetik, in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1962, S. 606.

3) Zum Begriff des sozialen Systems vgl. auch Luhmann, Niklas: Funktionen und Folgen formaler Organisation, Berlin 1964, S. 23 ff.

Elementen und Elementarprozessen in einem fortlaufenden Gleichgewichtszustand gehalten wird. Die Kybernetik stellt sich die Aufgabe, durch Bildung von Analogien zwischen Organismen und den übrigen Arten dynamischer Systeme die formalen Aspekte der Organisation und die allgemeinen Gesetze dynamischer Systeme freizulegen[1].

Diese sogenannten Organismus-Analogien sind auch in der Betriebswirtschaftslehre nicht neu, werden jedoch von vielen Autoren abgelehnt, unter anderem deshalb, weil eine Unternehmung ihre Entstehung und ihr Wachstum bewußten Willensakten verdankt, die in Organismen fehlen. So Gutenberg: Das betriebliche Geschehen kennt keine Entelechien und keine immanenten Steuerungsmechanismen, daher ist jeder Vergleich zwischen Organismus und Unternehmung verfehlt[2].

Eine solche Ablehnung von Analogien zwischen organismischen und sozialen Systemen ist nur dann zwingend, wenn man streng auf das Prinzip der Selbstregelung abstellt, welches jedoch nicht notwendiger Bestandteil einer kybernetischen Analyse ist. Es kann zwar nicht bestritten werden, daß direkte Analogien zwischen Organismus und Unternehmung nicht unproblematisch sind, aber durch die Zwischenschaltung kybernetischer Methoden werden derartige Gedankenverbindungen legalisiert, weil die Kybernetik vom Begriff des dynamischen Systems ausgeht und nachweist, daß allen Systemen (unabhängig von ihren spezifischen materiellen Eigenschaften) be-

1) Wieser, W.: Organismen-Strukturen-Maschinen, Frankfurt/M. 1959, S. 9.

2) Vgl. Gutenberg, Erich: Unternehmensführung, Wiesbaden 1962, S. 68.

stimmte gemeinsame formale Organisationsprinzipien und Gesetzmäßigkeiten zugrundeliegen[1].

Durch die Übertragung des kybernetischen Begriffssystems auf betriebswirtschaftliche Tatbestände soll der Ansatz zu einer ganzheitlich-organismischen Auffassung der Unternehmung geschaffen werden. Es ist ausdrücklich hervorzuheben, daß Kybernetik nicht zwangsläufig mit der Vorstellung von Selbstregelung oder mit einer vollständigen Quantifizierung und Mathematisierung der Darstellung von Prozessen[2] gleichzusetzen ist. Die Bedeutung der Kybernetik für eine Unternehmungstheorie ist nicht zuletzt darin zu sehen, daß sie ein festgefügtes Begriffssystem[3] bietet, das nicht nur auf quantitative, sondern auch auf qualitative Zusammenhänge angewendet werden kann und in diesem Sinne in der Lage wäre, die Kategorienlehre von Hasenack[4] zu ergänzen.

---

1) Zum Themenkreis "Organismus-Analogien" vgl. insbesondere v. Bertalanffy, Ludwig: Das biologische Weltbild, erster Band, Bern 1949 und v. Bertalanffy, Ludwig: Zu einer allgemeinen Systemlehre, in: Biologia Generalis, Wien 1951, S. 114 ff.

2) Zu den Themenkreisen Quantität/Qualität und Mathematik in der Kybernetik vgl. Schweiker, Konrad, F.: Grundlagen einer Theorie betrieblicher Datenverarbeitung, Wiesbaden 1966, S. 44 ff. und S. 59 ff; Klaus, Georg: Kybernetik, a.a.O., S. 199 ff. Stoljarow, V. und Kannegiesser, K.H.: Zu einigen Fragen der Kybernetik, a.a.O., S. 618.

3) Im zweiten Teil dieser Arbeit wird im Interesse der Schaffung eines einheitlichen und straffen Begriffssystems sogar die Terminologie der technischen Regelung (Führungsgrößen, Stellgrößen, Regelgrößen) auch auf rein qualitative Zusammenhänge übertragen; vgl. dazu Adam, A.: Industrielle Systemforschung, in: Unternehmensforschung 1958, S. 109.

4) Hasenack, W.: Stichwort "Kategorien betriebliche" in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band II, Stuttgart 1958, Sp. 3088 ff. und Hasenack, W.: Methoden- und Entwicklungsprobleme, a.a.O., S. 20 ff.

Entsprechend der Systemeinteilung in Organismen, soziale Systeme und informationsverarbeitende Maschinen verläuft die Grobgliederung der vorliegenden Arbeit wie folgt: Im ersten Teil werden die Organisationsprinzipien und Gesetzmäßigkeiten natürlicher Organismen herausgearbeitet, die allen drei Systemarten gemeinsam sind. Der zweite Teil verbindet die allgemeinen Gesetze dynamischer Systeme mit den spezifischen Besonderheiten des sozialen Systems "Unternehmung" und fügt vor allem die besonderen Systemqualitäten der menschlichen Intelligenz hinzu. Der mögliche dritte Teil entfällt, weil die Darstellung einer Automatentheorie den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würde.

Ein sehr wesentlicher Gesichtspunkt der angestrebten Unternehmungstheorie ist die ganzheitliche Betrachtungsweise: Genau wie der Organismus immer nur als Gesamtsystem erörtert werden kann, führt eine Reduzierung des betrieblichen Geschehens auf Teilprobleme zu jenen Suboptimalisierungen, vor denen die Experten des Operations Research immer wieder warnen[1]. Eine solche ganzheitliche Theorie setzt jedoch voraus, die Gleichgewichtsbedingungen dynamischer Systeme einerseits über eine Theorie der Verhaltensweisen und andererseits über eine Organisationstheorie zu erörtern. Entsprechend der Definition der Kybernetik als Theorie des Verhaltens möglicher Systeme (Funktionstheorie) und als Theorie des Zusammenhangs dynamischer Systeme mit ihren Teilsystemen (Strukturtheorie) wird in beiden Teilen dieser Arbeit die Anpassungsfähigkeit dynamischer Systeme jeweils sowohl unter dem Gesichtspunkt der Verhaltensweisen, als auch der Organisation (und darüber hinaus unter dem Gesichtspunkt der Interdependenzen beider Aspekte) analysiert.

1) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 39.

Der vorliegende Ansatz zu einer ganzheitlichen dynamischen Theorie der Unternehmung muß in zweifacher Hinsicht unvollständig bleiben: Einerseits mußte der Verfasser sich weitgehend darauf beschränken, die formalen Aspekte der Unternehmung als dynamisches System herauszuarbeiten, die nunmehr durch eine Darstellung der materiellen Gesichtspunkte (entsprechend dem Schema der neun Regelstrecken der Unternehmung in § 4.1 dieser Arbeit) zu ergänzen wären; andererseits kann auch die Untersuchung der formalen Bedingungen der Abläufe in einer Unternehmung auf gedrängtem Raume nur einen groben Abriß der einzelnen Problemkreise enthalten und müßte in den verschiedensten Richtungen ausgebaut werden.

Erster Teil: Die Kybernetik als Theorie der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten dynamischer Systeme

§ 1 Grundbegriffe des dynamischen Systems

§ 1.1 Zustand und Verhalten des dynamischen Systems

Der Begriff des kybernetischen Systems darf nicht auf einen bestimmten Bereich materieller Systeme beschränkt werden, sondern umfaßt vielmehr jegliche Art von Systemen (auch rein gedanklichen Inhalts), sofern sie in zeitabhängige Prozesse eingebettet sind und zeitabhängige Veränderungen des Verhaltens zeigen. Diese dynamische Betrachtungsweise vernachlässigt sowohl das Material als auch die Energieumsetzungen des Systems: Wichtig sind nicht die Relationen zwischen dem Baumaterial eines Systems und seinem Verhalten, sondern zwischen der Struktur eines solchen Systems und seinem Verhalten; zwar behält die Beziehung zwischen der Materie und der Form (statische Form-Inhalt-Relation) eine gewisse Bedeutung, im Vordergrund steht jedoch die Verhaltensweise (die Dynamik) der Dinge[1].

Das konkrete kybernetische System kann beliebig definiert werden: Es ist richtig, eine Schere als System zu bezeichnen; andererseits bildet eine Frau, die mit der Schere arbeitet, ein neues ("Frau-Schere")-System, das wiederum Teil eines umfassenderen Fertigungssystems sein kann. Diese Reihe kann entsprechend fortgesetzt werden, so daß sich das Universum aus einem Gefüge von Systemen aufbaut, in welchem jedes System von einem größeren Ganzen umfaßt wird. Was wir als System definieren, ist deshalb

1) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 30/31 + S. 62;
Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 25 + S. 95.

ein System, weil es miteinander in Beziehung stehende Teile umfaßt und in gewisser Hinsicht ein in sich abgeschlossenes Ganzes bildet[1].

Ein System kann graphisch dargestellt werden, indem die Elemente durch Punkte und die Verbindung zwischen den Elementen durch Linien abgebildet werden. Auf diese Weise entsteht ein Beziehungsnetz von Elementen (oder Elementarsystemen), das als Struktur[2] bezeichnet wird. Die Existenz eines solchen Netzwerkes ist die erste Voraussetzung, daß die Elemente miteinander in Beziehung treten können und daß eine Wechselbeziehung zwischen den Elementen zustandekommt; die zweite Voraussetzung für dynamische Wechselwirkungen innerhalb eines Systems sind die entsprechenden Informationsübertragungen.

Aus der Zahl der Elemente, den Relationen zwischen den Elementen und den möglichen Verhaltensweisen der Elemente ist der wichtige Begriff des Systemzustandes abzuleiten: Geht man zunächst vom einfachsten Fall aus, daß das einzelne Schaltelement[3] lediglich zwei Einstellmöglichkeiten r (also Aktivität oder Nicht-Aktivität) besitzt, so ergeben sich bei einer Zahl von n Schaltelementen $r^n = 2^n$ mögliche Systemzustände[4]. Nimmt man dagegen den reali-

1) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 24/25

2) Ein Hinweis auf Ansätze zu einer Strukturmetrik ist zu finden bei Lutz, Theo: Kybernetik, Struktur und Simulation, a.a.O., S. 27 ff; vgl. dazu auch § 2.31 dieser Arbeit.

3) In diesem Zusammenhang muß der Begriff des Elementes im Sinne von Schaltelement interpretiert werden.

4) Diese Formel geht von der vereinfachenden Annahme aus, daß zwischen den Elementen des Systems nur einseitige Relationen bestehen. Tatsächlich werden jedoch in einem System mit n Elementen (n-1) Relationen existieren, weil die Beziehung

stischeren Fall an, daß (wie vor allem in sozialen Systemen) komplexere Elemente eine größere Zahl von Einstellmöglichkeiten besitzen, so vergrößert sich die Zahl der möglichen Systemzustände entsprechend der Formel r^n beziehungsweise $r^{n(n-1)}$.[1]

Die Zahl der möglichen Zustände sind das allgemeinste Charakteristikum eines Systems. Der Übergang eines Systems von einem Zustand in einen anderen Zustand wird als Prozess und die Überführung eines Systems aus einem Zustand in einen anderen durch Einwirkung auf seine Elemente als Steuerung bezeichnet[2]. Die Menge der zeitlich aufeinanderfolgenden Zustände kennzeichnen das Verhalten des Systems. Die Verwandlung des Systems aus einem bestimmten Zustand in zeitlich folgende Zustände kann in Transformationen dargestellt werden[3]:

(1) $T = \begin{matrix} A & B & C & D \\ B & D & A & A \end{matrix}$

Fortsetzung

4) zwischen Element A und Element B nicht notwendigerweise identisch ist mit den umgekehrten Beziehungen; das bedeutet, daß beispielsweise ein System mit nur sieben Elementen zweiundvierzig Relationen enthält.
Der Ausdruck r^n wird dementsprechend umgewandelt in $r^{n(n-1)}$ mögliche Systemzustände; bei sieben Elementen dementsprechend 2^{42} mögliche Zustände.

1) Nürck, E.: Wirtschaftskybernetik. Ein Schlüssel zur Ganzheitsbetrachtung in: ZfB 1965, S. 585. Nähere Ausführungen über verschiedene Arten von Strukturen sind zu finden bei Kramer, R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, insbesondere für die Struktur des Betriebes, Dissertation, Mannheim 1962, S. 159 ff.

2) Vgl. Berg, A. I.: Die Steuerung komplizierter dynamischer Systeme als philosophisch-technisches Problem, in: Ostprobleme 1960, S. 546.

3) Die obere Zeile nennt die einzelnen Ausgangszustände; in der unteren Zeile findet man die Zustände, die jeweils auf die in der ersten Zeile genannten Zustände folgen; vgl. auch Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 63.

Nach den Ergebnissen unterscheidet man zwischen offenen und geschlossenen Transformationen (woraus die Unterscheidung zwischen offenen und geschlossenen Systemen resultiert), sowie zwischen eindeutigen und nicht-eindeutigen Transformationen (woraus die Unterscheidung zwischen determinierten und indeterminierten Systemen abzuleiten ist).

Es ist hinzuzufügen, daß das Verhalten dynamischer Systeme unter zwei verschiedenen Gesichtspunkten untersucht werden muß:

1) Untersuchung einer einzigen Verhaltensweise des Systems (wie oben dargestellt): Es wird lediglich der zeitliche Übergang von einem Zustand in einen anderen und von dort in einen dritten (und so fort) untersucht. Die aufeinanderfolgenden Zustände in ihrer Gesamtheit werden als Verhaltenslinie bezeichnet; alle Verhaltenslinien bilden zusammen ein Feld des Verhaltens[1].

2) Darstellung von Änderungen der Verhaltensweisen (im Gegensatz zur Änderung eines Zustandes): Es ist dann nicht mehr nur eine einzige Verhaltensweise möglich, weil das System nicht nur einer bestimmten Transformation T, sondern mehreren Transformationen (oder einem System von Transformationen) unterliegt[2].

---

1) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 87.

2) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 87.

Der Übergang von einer Transformation auf eine andere Transformation bedeutet, daß das System ein neues Feld des Verhaltens aufsucht:

(2)

	A	B	C	D
T_1	B	D	A	C
T_2	D	C	A	B
T_3	C	C	B	A

Mathematisch gesehen erfolgt der Sprung von einer Verhaltensweise in eine andere Verhaltensweise (der Übergang von einem Feld des Verhaltens in ein anderes) durch eine sogenannte Stufenfunktion[1].

Anmerkung zu geschlossenen/offenen Transformationen und geschlossenen/offenen Systemen: Ein System wird als geschlossen bezeichnet, wenn keine Elemente von außen in dieses System eintreten und keine von ihm nach außen abgegeben werden. In einem offenen System findet ein dauernder Ein- und Ausfluß (und damit Wechsel) der Elemente statt[2]. Beispiele für offene Systeme sind Lebewesen aller Art, aber auch kybernetische Verhaltensmodelle[3].

Ein geschlossenes System muß (aufgrund des Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik)[4] schließlich in einen zeitunabhängigen Zustand des Gleichgewichts (mit maximaler Entropie und minimaler

---

1) Vgl. dazu § 2.22 (Ultrastabilität).

2) Vgl. von Bertalanffy, L.: Zu einer allgemeinen Systemlehre, a.a.O., S. 121.

3) Vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen zur Struktur von Lernprozessen, in: Steinbuch, K. und Wagner, S.W. (Herausgeber): Neuere Ergebnisse der Kybernetik. Bericht über die Tagung Karlsruhe 1963 der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Kybernetik, München und Wien 1964, S. 19.

4) Inhalt und Bedeutung des Zweiten Hauptsatzes werden in § 1.42 dieser Arbeit erläutert.

freier Energie) übergehen[1]. Demgegenüber sind offene Systeme in der Lage, durch Aufnahme von Energie und Information Entropie zu vermeiden[2]. Ein offenes System kann (unter bestimmten Bedingungen) schließlich in einen zeitunabhängigen stationären Zustand übergehen, in welchem sich das System konstant hält im Wechsel der Elemente. Reaktionsabläufe in offenen Systemen können nicht zu einem wahren Gleichgewicht, sondern immer nur zu einem derartigen stationären Zustand führen[3]. Die Verwendung des Begriffes "stationärer Zustand" ist allerdings mißverständlich (und daher unzulässig), weil er bereits in der Physik für andere Tatbestände verwendet wird. Aus diesem Grunde hat Bertalanffy für die offenen und geschlossenen Systeme eine neue Unterscheidung vorgeschlagen: In geschlossenen Systemen kommt es zu einem echten Gleichgewicht, offene Systeme können ein sogenanntes "Fließgleichgewicht" erreichen[4].

§ 1.2 Gleichgewicht und Anpassung

Kybernetische Systeme sind grundsätzlich zielgerichtete dynamische Systeme. Die Verwirklichung eines (immanenten oder von außen vorgegebenen) Zieles bedeutet in kybernetischer Terminologie, daß

1) Vgl. v. Bertalanffy, L.: Allgemeine Systemlehre, a.a.O., S. 121/122.

2) Vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen zur Struktur, a.a.O., S. 19.

3) v. Bertalanffy, L.: Allgemeine Systemlehre, a.a.O., S. 122.

4) Im Englischen werden dafür die Ausdrücke "stationary" und "steady state" verwendet; vgl. von Bertalanffy, L.: Allgemeine Systemlehre, a.a.O., S. 122 und Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O. S. 279.

dem System in einem bestimmten Augenblick der Zukunft ein wohldefinierter Vorzugszustand unter Ausschluß aller übrigen möglichen Zustände zugewiesen werden soll[1].

Die Zielgerichtetheit dynamischer Systeme steht in direktem Zusammenhang mit den Begriffen Stabilität und Gleichgewicht: Ein Gleichgewicht ist immer an eine Zielsetzung gebunden. Wird dieses Gleichgewicht gestört, muß sich das System den Störfaktoren anpassen, wobei zwischen passiver und aktiver Anpassung[2] zu unterscheiden ist; sind alle Anpassungsversuche erfolglos, muß die Zielsetzung geändert werden. Die Anpassung dynamischer Systeme basiert einerseits auf materiellen und energetischen Vorgängen (Stoffwechselvorgänge im weitesten Sinne); in einer kybernetischen Analyse sind jedoch die informativ bestimmten Prozesse von wesentlich größerer Bedeutung, die man in den Gruppen Informationsübertragung, Informationsspeicherung und Informationsverarbeitung zusammenfassen kann.

Die Phänomene Anpassung, Stabilität und Gleichgewicht des dynamischen Systems basieren auf zwei Komponenten (die jedoch nicht isoliert voneinander untersucht werden dürfen):

1) Funktion des Systems
2) Struktur des Systems

---

1) Vgl. Ducrocq, Albert: Die Entdeckung der Kybernetik, Frankfurt/Main 1959, S. 7/8.

2) Als Anpassung bezeichnet man die Klasse aller Vorgänge, durch welche offene Systeme eine Optimierung des Gleichgewichts zwischen den eigenen Systemzuständen (einschließlich rückgemeldeter Verhaltensfolgen) und den äußeren Umständen herstellen beziehungsweise aufrechterhalten; vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen ... a.a.O., S. 19.

Diese Unterscheidung zieht sich wie ein roter Faden durch die gesamte Gliederung der vorliegenden Arbeit und deckt sich wieder genau mit der zweifachen Definition der Kybernetik im allgemeinen, die sowohl eine Theorie der Verhaltensweisen dynamischer Systeme als auch eine Theorie des Zusammenhangs dynamischer Systeme mit den Teilsystemen ist.

Unter dem Oberbegriff der Zielstrebigkeit oder Finalität werden drei verschiedene Erscheinungen zusammengefaßt (und häufig miteinander verwechselt):

1) Die Gerichtetheit auf einen bestimmten Endzustand in der Weise, daß das gegenwärtige Verhalten von jenem Endzustand abhängig ist. Ein derartiges Verhalten ist für jedes System charakteristisch, das schließlich in einen zeitunabhängigen Endzustand (thermodynamisches Gleichgewicht mit maximaler Entropie) übergeht[1].

2) Sogenannte Aequifinalität[2], die zu verstehen ist als die Erreichung des Endzustandes von verschiedenen Anfangsbedingungen und auf verschiedenen Wegen; sie ist charakteristisch für offene Systeme, sofern sie einem Fließgleichgewicht zugehen und ist damit Grundlage der organismischen Regulationen[3].

---

1) Vgl. v. Bertalanffy, L.: Allgemeine Systemlehre, a.a.O., S. 117 ff.

2) Die Vitalisten sehen in der Äquifinalität einen Beweis für ihre Theorie der Existenz eines vitalistischen, außerphysikalisch-chemischen Faktors, der das Geschehen in Voraussicht des Zieles lenkt: die Entelechie. Auf den jahrtausendealten Streit zwischen Vitalismus und Mechanismus kann hier nicht eingegangen werden. Nach Ansicht von Bertalanffy können beide Denkrichtungen durch die organismische Auffassung einer allgemeinen Systemlehre oder Kybernetik widerlegt werden; vgl. von Bertalanffy, L.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S. 20 ff und S. 30 ff.

3) Geschlossene Systeme können sich nicht äquifinal verhalten; vgl. v. Bertalanffy, L.: Allgemeine Systemlehre, a.a.O., S. 124 und Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 201.

3) Echte Finalität oder "Zweckstrebigkeit" in dem Sinne, daß das gegenwärtige Verhalten bestimmt ist durch die Voraussicht des Zieles. Voraussetzung ist also, daß das zukünftige Ziel bereits in Gedanken vorhanden ist und das gegenwärtige Verhalten bestimmt. Diese Zweckstrebigkeit ist kennzeichnend für das menschliche Handeln, und ihre Grundlage ist der vom Menschen entwickelte Symbolismus der Sprache und Begriffe[1].

Natürliche (offene) Systeme sind durch Äquifinalität gekennzeichnet. Die Natur (auch die organismische) setzt sich keine Ziele im eigentlichen Sinne, vielmehr regulieren sich die natürlichen Systeme auf bestimmte Festwerte beziehungsweise auf bestimmte Funktionsabläufe ein, die man als "Ziele" bezeichnen kann. Ist ein solches Ziel einmal aufgestellt, so scheint es allerdings, als zeige das betreffende System Zielstrebigkeit im Hinblick auf dieses Ziel[2].

Anders verhält es sich mit der menschlichen Zielstrebigkeit[3]: Ein Mensch, der Ziele setzt, projiziert seinen Willen in die Zukunft, hat dabei allerdings immer zu prüfen, ob es sich um mögliche Ziele handelt. Einerseits hat der Mensch also zwar einen Willen, andererseits benötigt er zur Erreichung des Zieles die entsprechenden Mittel und eine Strategie (im weitesten Sinne)[4].

---

1) Vgl. dazu v. Bertalanffy, L.: Allgemeine Systemlehre, a.a.O., S. 125 und Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 331/332.

2) Vgl. dazu Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 332.

3) Eine Ausnahme bilden die Modelldarstellungen sozialer Zusammenhänge: So bewegt sich im Modell der klassischen Nationalökonomie das Gesamtsystem "Volkswirtschaft" durch den Mechanismus der vollkommenen Konkurrenz automatisch auf ein Ziel (Maximierung des Sozialprodukts) hin, welches es gewissermaßen in sich trägt und dessen Realisierung zwangsläufig eintreten muß.

4) Vgl. dazu Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 332 + 338.

Die Zielstrebigkeit künstlicher Systeme (Maschinen) unterscheidet sich von der menschlichen Zielstrebigkeit durch die Tatsache, daß ihr der Wille fehlt. Die Mittel kann man der Maschine an die Hand geben, die Entscheidungen kann man programmieren, und eine sehr komplexe Maschine, die weit über die üblichen Adaptionsmaschinen hinausgeht, wird sogar in der Lage sein, verschiedene Verhaltensweisen durchzuprobieren, aber der Wille bleibt der menschlichen Zielstrebigkeit vorbehalten[1].

Durch die Kategorie der Zielstrebigkeit wird ein teleologisches Moment in die kybernetische Untersuchung eingeführt, wodurch zunächst ein scheinbarer Gegensatz zur Kausalität entsteht, die bisher in der Wissenschaft eine dominierende Rolle spielte: Alle Steuerungsvorgänge wurden bisher durch lineare Reaktionsketten im Sinne von Ursache-Wirkung-Beziehungen erklärt, doch erwies sich eine solche Betrachtungsweise vom Standpunkt der Systemanalyse als unzulänglich, vorallem weil der Begriff der Kausalität durch die klassische Naturwissenschaft unlösbar mit der Vorstellung des Mechanismus und der absoluten Determiniertheit verbunden war, während das Phänomen des Lebens und komplexe Systemabläufe ganz allgemein durch eine mehr oder weniger große Indeterminiertheit gekennzeichnet sind. Die Fortschritte in der Naturwissenschaft führten dazu, daß in der Physik die mechanische Kausalität durch eine statistische Kausalität ersetzt wurde; der Gedanke der linearen Reaktionskette wurde damit jedoch noch nicht aufgegeben[2]. Der endgültige Wandel vollzog sich durch die Entstehung der Kybernetik:

1) Vgl. dazu Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 332.

2) Krupp, H. J.: Der Systemcharakter der Wirtschaft und die Notwendigkeit des Methodenpluralismus, Dissertation, Darmstadt 1961, S. 87.

Der bislang in geradlinigen Ketten gedachte Kausalitätsbegriff wurde mit dem Kreisgedanken verbunden und als "Kreiskausalität" neu formuliert.

Abb. 1: Lineare Folgeschaltung

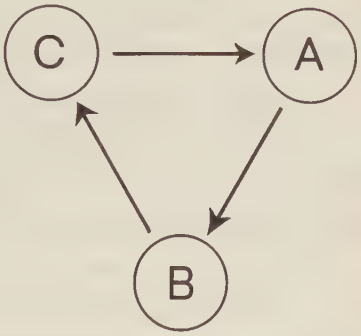

Abb. 2: Kreisschaltung

Geht man davon aus, daß eine Reaktionskette die Aufgabe hat, innerhalb eines komplizierten (indeterminierten) Systems ein Gleichgewicht herbeizuführen, so kann sie dieses Ziel nur erreichen, wenn der augenblickliche Zustand des Systems dessen Voraussetzungen "rückwirkend" so beeinflußt, daß sich das gesamte System auf diesen Gleichgewichtszustand hinbewegt. Die Strukturen des Systems müssen also nach dem Prinzip der Kreisschaltung (Rückkopplung) angeordnet sein, so daß sich der Endpunkt mit dem Anfangspunkt wieder verbindet und diesen steuert. Es wird nicht mehr gefragt, welche Ursache welche Wirkung hat, sondern es wird nach dem Ziel gefragt, das erreicht werden soll. Die Ursache-Wirkung-Beziehungen zwischen den einzelnen Gliedern bleiben zwar bestehen, sie verlieren jedoch an Bedeutung, denn erst das Ziel des Gesamtsystems und die Fähigkeit, dieses Ziel zu erreichen, machen

das Wesen der Kreisschaltung aus. Die Finalität spielt also in der Kreisschaltung die entscheidende Rolle, auch wenn kausale Beziehungen ihre Grundlage bilden[1].

Aus der Unterscheidung zwischen linearer und kreisförmiger Reaktionskette wird eine terminologische Differenzierung abgeleitet, die im folgenden konsequent verwendet werden soll: Der Ablauf eines Prozesses in einer linearen Kette wird als Steuerung bezeichnet, die Rückkopplung dagegen ist das einfachste Korrelat zu jenem Phänomen der Kybernetik, das als Regelung[2] bezeichnet wird. Der Vorgang der Rückkopplung vollzieht sich in einem Regelkreis beziehungsweise in einem System von Regelkreisen, und das Ziel der Regelung besteht darin, dieses System "Regelkreis" durch Informationsverarbeitungsvorgänge in einen bestimmten Vorzugszustand zu bringen.

Die Zielstrebigkeit sehr komplexer dynamischer Systeme ist dadurch gekennzeichnet, daß solche Systeme aus einer ganzen Anzahl von Teilsystemen zusammengesetzt sind. Diese Teilsysteme können Ziele anstreben, die miteinander in Konflikt geraten und darüberhinaus nicht mit dem Gesamtziel übereinstimmen. Ein kybernetisches System muß in der Lage sein, in einem laufenden Anpassungsprozeß die kurzfristigen Zielsetzungen der Teilsysteme in Vorzugszustände umzuwandeln, die im Hinblick auf die konkurrierenden Teilziele und das Gesamtsystem realisierbar sind; es muß aus dem "Antagonismus der Zielsetzungen ausbrechen" können, damit es langfristig die einzige wirklich relevante Zielsetzung verwirklichen kann: das letztendliche Überleben auf lange Sicht[3].

---

1) Vgl. Krupp, H. J.: Der Systemcharakter der Wirtschaft, a. a. O., S. 100.

2) Vgl. dazu auch § 2.1 dieser Arbeit.

3) Vgl. dazu Beer, St.: Kybernetik, a. a. O., S. 162/163.

Lebende Organismen mit organischer Selbstregelung und Selbststrukturierung (Homöostase) tragen das Gesamtziel in sich und koordinieren automatisch die verschiedenen widersprüchlichen Teilziele. Andere Bedingungen gelten dagegen im Bereich der sozialen Systeme: Von automatischer Koordination kann hier selbstverständlich keine Rede sein. Vielmehr hat ein intelligentes Koordinationszentrum die Vorzugszustände der verschiedensten Teilsysteme derart aufeinander einzuregulieren, daß sie insgesamt in ein Gleichgewicht gebracht werden, welches sich im langfristigen Überleben ausdrückt.

Die Kybernetik abstrahiert in diesem Sinne von irgendwelchen speziellen Zielsetzungen sozialer Systeme und stellt mit dem Überleben des Systems auf ein allgemein formuliertes Mindestziel ab, das erreicht werden muß, wenn das betreffende System nicht "sterben" und damit alle Eigenschaften eines kybernetischen Systems verlieren soll.

§ 1.3 Komplexität und Indeterminiertheit

Die Gesamtheit der möglichen Zustände und der möglichen Verhaltensweisen dynamischer Systeme wird unter dem Begriff der Varietät zusammengefaßt. Die Varietät bestimmt logischerweise die Eigenschaften und Wirkungsgrade (also die Qualitäten) des Systems und beruht letztlich auf der Komplexität des Systems. Die Komplexität wiederum wird bestimmt durch

1) die Zahl der Elemente
2) den Schaltplan, über den die Elemente miteinander verknüpft sind;

3) die Komplexität der Elemente (oder Elementarsysteme)[1].

Die Varietät eines dynamischen Systems steht also in direktem Zusammenhang mit seiner Komplexität, so daß die beiden Begriffe gleichgesetzt werden können. Unter dem Gesichtspunkt von Menge, Art und Verknüpfung der Elemente kann zwischen einfachen, komplexen und äußerst komplexen Systemen[2] unterschieden werden.

Die Komplexität muß als ein qualitatives Merkmal des dynamischen Systems aufgefaßt werden, weil die Elemente einen unterschiedlich hohen Wirkungsgrad haben, je nachdem, ob sie in ein einfaches oder komplexes System eingebaut werden[3]. Das quantitative Merkmal (die Zahl der Elemente) schlägt durch die Verknüpfung der Elemente in Qualität um, indem durch wachsende Komplexität eines Systems dessen Verhaltensweisen nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ verändert werden.

Die Qualität der Verhaltensweisen komplexer Systeme läßt sich nur aus der unendlich vielfältigen Verknüpfung der Einzelelemente zu einer Ganzheit erklären. Wird ein einzelnes Element aus der Ganzheit herausgerissen, werden sich die qualitativen Eigenschaften sowohl der restlichen Ganzheit als auch des einzelnen Bauteiles mehr oder weniger stark verändern. Die Addition der Wirksamkeit

1) Wenn man von den einfachsten Schaltelementen mit nur zwei Einstellmöglichkeiten (Aktivität/Passivität beziehungsweise Ja/Nein) ausgeht, spielt die Komplexität der Elemente (Punkt 3) keine Rolle. Vor allem soziale Systeme sind jedoch aus heterogenen Elementen mit sehr unterschiedlicher Varietät aufgebaut, so daß die Komplexität des Gesamtsystems auch durch die Komplexität der Elementarsysteme mitbestimmt wird.

2) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 27 ff.

3) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 27.

einer Vielzahl von Einzelelementen wird kaum jemals die Vielfalt und Qualität möglicher Verhaltensweisen von komplexen und äußerst komplexen Ganzheiten erreichen, denn das Ganze ist immer mehr als die Summe seiner Teile. Zerlegt man die Ganzheit in ihre Teile, so bleibt hinsichtlich der quantitativen und qualitativen Effizienz des komplexen Systems gegenüber einer Ansammlung von isolierten Einzelteilen ein "unauflösbarer Rest"[1], der dem Phänomen "Organisation" zuzurechnen ist.

Mit zunehmender Komplexität (Varietät) dynamischer Systeme ist zwangsläufig eine zunehmende Indeterminiertheit verbunden: Eine zunehmende Anzahl von Elementen sowie eine entsprechende Kompliziertheit der Schaltprinzipien zwischen diesen Elementen führt dazu, daß von einer (nicht genau definierbaren) Grenze an keine präzise und detaillierte Beschreibung oder Voraussage des Systemverhaltens mehr möglich ist[2]. Da die Kybernetik sich auch (oder sogar vorwiegend) mit äußerst komplexen Systemen beschäftigt, wird die Unbestimmtheit zu einem ihrer Schlüsselbegriffe[3].

Die Vorstellung von einer letztlichen Determination und Determinierbarkeit aller Prozesse beherrschte das Denken des 18. und 19. Jahrhunderts und entsprach (philosophisch gesehen) einer Welt des Laplaceschen Dämons: Wären uns alle Zustände der Welt zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannt, so würden wir in der Lage sein, sämtliche Zustände der Welt in jedem Zeitpunkt der Zukunft vorauszusagen[4].

---

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 25.

2) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 27/28.

3) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 144.

4) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 76; von Bertalanffy, L.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S. 152; Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 38 und S. 65.

Durch die Entwicklung der Physik wurde diese Auffassung nach und nach widerlegt und in neuerer Zeit schließlich durch die Quantenmechanik ersetzt, die folgendermaßen argumentiert: Selbst wenn alle Zustände zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannt wären, könnte man noch immer nicht die Zukunft voraussagen, denn es wäre nie genau der Ort anzugeben, an dem sich ein Partikel zu einem bestimmten Zeitpunkt befinden wird, unter dem es an diesem oder jenem Ort vorgefunden werden kann[1]. Anders ausgedrückt: Die gesamte Vergangenheit eines Systems bestimmt die Zukunft dieses Systems nicht in irgendeinem absoluten Sinne, sondern lediglich die Verteilung der möglichen Zustände des Systems[2].

Die eindeutig determinierten Gesetze der klassischen Physik sind also durch Wahrscheinlichkeitsgesetze ersetzt worden, wobei allerdings noch keine Einigkeit darüber besteht, ob nur die Beobachtungsmöglichkeiten des Menschen (prinzipiell und endgültig) unvollkommen sind oder ob das Element der Wahrscheinlichkeit (beziehungsweise der Nichtvoraussagbarkeit) in der Natur der Dinge und nicht in der Beobachtung liegt[3].

Vom Standpunkt des beobachtenden Wissenschaftlers ist das Phänomen der Indeterminiertheit selbstverständlich ein unerfreulicher Tatbestand. Andererseits besteht Anlaß zu der Vermutung, daß die Anpassungsprozesse höherer Lebewesen sowie die gesamte Evolu-

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 76.

2) Vgl. Wiener, Norbert: Kybernetik - Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine, zweite revidierte und ergänzte Auflage, erste deutsche Auflage, Düsseldorf-Wien 1963, S. 142.

3) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 77 und S. 84; Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 28; Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 252.

tion des organischen Lebens nur unter der Annahme einer mehr oder weniger großen Indeterminiertheit denkbar sind, beziehungsweise daß äußerst komplexe dynamische Systeme ihre Zielstrebigkeit nur als indeterminierte Systeme realisieren können.

Indeterminiertheit ist gleichbedeutend mit der Unmöglichkeit, bei Störung eines Gleichgewichtszustandes die Reaktion des Systems mit absoluter Sicherheit vorauszusagen beziehungsweise aus dem Zustand eines Systems im Moment t-1 den Zustand des Systems im Moment t präzise abzuleiten[1]. Aus der Kategorie der Indeterminiertheit ergibt sich ein weiteres Unterscheidungsmerkmal kybernetischer Systeme, so daß nunmehr die folgende Klassifikation möglich ist[2]:

1) Einfache Systeme

   a) einfache determinierte Systeme (Beispiel: Thermostat)

   b) einfache indeterminierte Systeme (Beispiel: Münzenwerfen "Adler oder Zahl")

2) Komplexe Systeme

   a) komplexe determinierte Systeme (Beispiel: elektronische Datenverarbeitungsanlage)

   b) komplexe indeterminierte Systeme (Beispiel: bedingte Reflexe eines Tieres)

3) Äußerst komplexe Systeme: in dieser Klasse bleibt die Position des determinierten Systems unbesetzt, weil äußerst komplexe Systeme zwangsläufig mit Indeterminiertheit verbunden sind.

Alle Systeme, die wie Maschinen oder Mechanismen im herkömmlichen Sinne (also nach einem festen "Programm") reagieren, sind

---

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 83.

2) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 27 ff.

immer determinierte Systeme. So ist beispielsweise in einem einfachen System wie dem Thermostaten alles festgelegt: Jeder Zustand bestimmt den folgenden, und bei einer Störung wird das System zusammenbrechen oder mit einer Reaktion antworten, deren Verlauf, Bahn und Größe exakt voraussagbar sind[1].

Im Vorgriff auf eine spätere Zweiteilung des Systembegriffes in Regler und Regelstrecke[2] kann die Indeterminiertheit dynamischer Systeme unter einem zweifachen Aspekt gesehen werden:

1) Indeterminiertheit der Umgebung des Systems (äußere Indeterminiertheit), die den eigentlichen Grund für eine Systemregelung darstellt;

2) Indeterminiertheit des Regelsystems, die als innere Indeterminiertheit bezeichnet werden kann.

Stellt man speziell auf das Regelsystem ab, so kann sich in einem äußerst komplexen System dessen Varietät entweder völlig wahllos oder aber in Form einer Auswahl[3] bestimmter erfolgversprechender Verhaltensweisen entfalten, wobei jedoch auch die Auswahl immer nur durch Wahrscheinlichkeiten[4] vorherbestimmt werden kann, so daß auf jeden Fall ein Rest von Unbestimmtheit bestehen bleibt.

Im Zusammenhang mit der Indeterminiertheit äußerst komplexer Systeme ist noch ein wesentlicher Gesichtspunkt zu berücksichti-

---

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 78.

2) Vgl. dazu auch § 2.1 dieser Arbeit.

3) Die Indeterminiertheit äußerst komplexer Systeme tritt also in zwei Erscheinungsformen auf, die man als reine Unbestimmtheit und strukturierte Unbestimmtheit bezeichnen kann; vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 223.

4) Vgl. Stahlmann, Jürgen: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, Dissertation Göttingen 1960, S. 184.

gen: Zerlegt man das indeterminierte Gesamtsystem in seine Bestandteile, so wird man neben indeterminierten Abläufen auch determinierte Rückkopplungssysteme finden; diese Elementarsysteme sind dann zwar variabel (wie Rückkopplungssysteme eben sind), aber dennoch genau determiniert[1]. Mit anderen Worten: Äußerst komplexe Systeme erscheinen als Gesamtsystem indeterminiert, sind jedoch im einzelnen sowohl aus indeterminierten als auch determinierten Abläufen zusammengesetzt. In diesem Sinne kann man von einer gegenseitigen Durchdringung des deterministischen und indeterministischen Prinzips sprechen[2].

§ 1.4 Information und Informationsübertragung

§ 1.41 Die verschiedenen Ebenen der Information

Der Vorgang der Informationsübertragung zerfällt in mehrere Komponenten[3]: Eine Informationsquelle (beispielsweise das menschliche Gehirn) wählt eine Information aus einer Gruppe möglicher Informationen aus. Ein Sender (die menschliche Stimme) verwandelt die Information in Signale, die über einen Nachrichtenkanal an den Empfänger weitergeleitet werden. Der technische Empfänger (das Ohr des Zuhörers) verwandelt die Signale in Informationen zurück und leitet diese an den eigentlichen Empfänger weiter[4].

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 79.

2) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 85 ff.

3) Vgl. Sauter, Bernhard: Die Bedeutung der Kybernetik für die Betriebsorganisation, Dissertation Mannheim 1959, S. 20; Stahlmann, J.: Organisation, a.a.O., S. 156 ff.

4) Zur Verständigung zwischen Sender und Empfänger ist ein gemeinsamer Nachrichtenvorrat (dieser Begriff ist sehr weit aufzufassen) erforderlich, so daß Verschlüsselung und Entschlüsselung aufeinander abgestimmt sind. In tierischen "Sprachen" ist diese Abstimmung erbbedingt und bedient sich sogenannter "Auslöser-Schemata", beim Menschen ist sie das Resultat eines langen Lernprozesses; vgl. Sauter, B.: Die Bedeutung ... a.a.O., S. 20/21; Lutz, Theo: Kybernetik, a.a.O., S. 30/32.

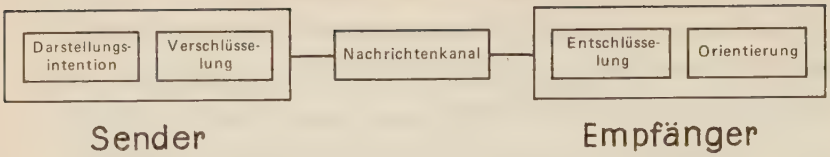

Abb. 3: Einfaches Modell der Nachrichtenverarbeitung

Der Begriff der Information ist mehrdeutig beziehungsweise mehrschichtig; man unterscheidet folgende drei Ebenen der Informationen[1]:

1) Ebene der technisch-physikalischen Informationsträger; in diesem Sinne spricht man von technischer Information oder (weil es sich um eine durch Auswahl zu schaffende Geordnetheit von physikalischen Größen handelt) selektiver Information.

2) Ebene der semantischen Information: Untersucht wird die "Bedeutung" der Signale auf Seiten des Senders beziehungsweise die "Deutung" seitens des Empfängers.

3) Ebene der pragmatischen Information: Auf dieser höchsten Ebene wird die Wirkung eines Signales beziehungsweise die Reaktion des Empfängers analysiert; damit wird bereits das Gebiet der Informationsverarbeitung angesprochen.

Während auf der Ebene der semantischen Information der Empfänger einer Nachricht (von semantischen Störungen abgesehen) immer noch dasselbe wie der Absender oder ein anderer Empfänger ver-

1) Vgl. Schweiker, F.K.: Grundlagen, a.a.O., S. 29 ff/S. 155 ff.

steht, fügt auf der Ebene der pragmatischen Information der Empfänger (kraft seiner besonderen geistigen Struktur und seines Erfahrungsschatzes) der Semantik einen besonderen Inhalt hinzu[1]. Der Vorgang der Informationsverarbeitung wird nicht nur durch die technische oder semantische Information determiniert (wenngleich die Probleme des Informationsverlustes auf diesen Ebenen nicht zu unterschätzen sind), sondern eine Entscheidung entspringt letztlich immer einer "wirklich" übertragenen (pragmatischen) Information, weil nicht ein bestimmter Informationsbetrag, sondern die ganze Struktur des Empfängers entscheidet.

Entsprechend der oben dargestellten Dreiteilung des Informationsbegriffes ist folgende Definition möglich: Eine Information ist eine Einheit aus einem physikalischen Träger einerseits sowie einer Semantik und einer Pragmatik andererseits. Physikalische Träger, die geeignet sind, sich mit einer Semantik zu einer Information zu verbinden, werden als Signale bezeichnet[2]. Die Begriffe Signal und selektive Information sind also identisch: Signal = selektive Information.

Die Übertragung einer Information wird gelegentlich als Nachricht bezeichnet, wobei der Unterschied zwischen den beiden Begriffen daraus entsteht, daß jede Nachricht Störungen (ein sogenanntes "Rauschen") enthält, durch die der Informationsgehalt der Nachricht verringert wird. Man kann also formulieren: Nachricht = Information - "Rauschen".

Auf der selektiven Ebene der Information entsteht das "Rauschen" aus Signalen, die nicht von der Informationsquelle ausgewählt wur-

1) Vgl. Sauter, Bernhard: Die Bedeutung der Kybernetik, a.a.O., S. 21/22.

2) Vgl. Klaus, Georg: Kybernetik, a.a.O., S. 136.

den: Druckfehler in einem gedruckten Text, Flecken auf einem Film oder einer Fotografie, Rauschen im Lautsprecher des Radiogerätes oder im Telefonapparat, flimmernde Streifen auf dem Fernsehschirm[1].

Die Informationsübertragung wird jedoch nicht nur von technischen, sondern auch von semantischen Störungen beeinflußt, die auf unbeabsichtigte Deutungs- und Bedeutungsabweichungen zurückzuführen sind; solche Abweichungen kommen im Auswahlvorgang des Senders wie des Empfängers vor. Diesen Störungen ("Rauschen") begegnet man durch

1) Wiederholungen; dieses Verfahren ist sehr unwirtschaftlich, weil es praktisch mit der doppelten Informationsmenge arbeitet.

2) Zuladungen (sogenannte "Redundanz").

Durch den Begriff der Redundanz[2] soll ausgedrückt werden, daß es sich um einen Teil der Nachricht handelt, der an sich unnötig ist; er könnte wegfallen, ohne daß dadurch die Nachricht in ihrem Kern unverständlich würde. Redundanz ist eine alltägliche Erscheinung; sie liegt beispielsweise vor, wenn ein Mensch zur Vermeidung von Mißverständnissen sich umständlich ("weitschweifig") ausdrückt oder wenn in einem Wertpapier der Geldbetrag doppelt, also durch Zahlen und Buchstaben (in Worten ...) angegeben wird.

---

1) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, eine Einführung in eine neue Wissenschaft, Berlin 1962, S. 37.

2) Vgl. Weaver, Warren: Die Mathematik der Information, in: Sammelwerk "Elektronengehirn", Wiesbaden, o.J., S. 160.

§ 1.42 Die Informationsmenge im ungestörten Kanal

Bislang liegt lediglich für die selektive (technische) Information eine geschlossene formale Theorie vor. Wenn also in kybernetischen Abhandlungen von einer Informationstheorie (Nachrichtentheorie) gesprochen wird, so ist im Grunde immer nur jene mathematisch-statistisch fundierte Theorie[1] gemeint, die mit den Namen Shannon, Weaver, Hartley und Wiener verbunden ist. Diese Informationstheorie basiert auf einer Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie, die mit den Wahrscheinlichkeitsgesetzen der Thermodynamik verwandt ist: Der Zweite Hauptsatz der Thermadynamik geht davon aus, daß die Wärmeenergie in geschlossenen Systemen danach strebt, im Vollzug ihrer Leistung von erhitzten zu weniger erhitzten Körpern überzugehen (sogenannter Wärmeausgleich). Infolgedessen tritt bei einem unverminderten Gesamtwärmevorrat in geschlossenen Systemen eine Verringerung der Energiemenge ein, die Arbeit zu leisten imstande ist. Jedes geschlossene System von Körpern strebt danach, aus dem Zustand der Energiekonzentration in bestimmten Teilen des Systems (Geordnetheit, Organisiertheit) zu einem wahrscheinlicheren Zustand überzugehen. Dieser wahrscheinliche Zustand besteht in einer gleichmäßig gestreuten Verteilung der Gesamtenergiemenge über das gesamte System (Ungeordnetheit, Unorganisiertheit), wobei die Gesamtenergie ständig abnimmt. Je länger das System im Zeitablauf existiert, desto größer

1) Die mathematische Informationstheorie beschäftigt sich mit folgenden Problemkreisen, für die bereits eine umfangreiche Spezialliteratur vorliegt: Messung der Informationsmenge; Kapazität und optimale Ausnutzung von Nachrichtenkanälen; Verschlüsselungsvorgänge bei der Umwandlung von Informationen in Signale; Störungseinwirkungen. Im Rahmen dieser Arbeit kann nur ein grundsätzlicher Überblick gegeben werden.

ist die Energiestreuung und umso näher rückt das System an den wahrscheinlichsten Zustand (mit gleichmäßig zerstreuter Energie) heran; dieser Prozess ist irreversibel[1].

Das Wahrscheinlichkeitsmaß des Systemzustandes wird als Entropie bezeichnet. Die Entropie des geschlossenen Systems nimmt im Zeitablauf ständig zu, das System geht in immer wahrscheinlichere Zustände (in Richtung auf seinen wahrscheinlichsten Zustand) über, die Ungeordnetheit wird immer größer[2]. Wenn ein geschlossenes System das Maximum seiner Entropie erreicht hat, verharrt es im Zustand des Wärmegleichgewichts[3].

Zur Berechnung der Entropie-S des Systemzustandes ist davon auszugehen, daß sie bestimmt wird durch die Zahl der Moleküle und durch die Wahrscheinlichkeit ihres Verbleibens in einer bestimmten Region des (geschlossenen) Systems. Die Entropie ist eine Funktion dieser Wahrscheinlichkeiten; dementsprechend[4]

$$(3) \qquad S = k \sum_{i=1}^{v} n_i \log n_i$$

Sie kann als ein Maß des Grades der Unordnung in einem geschlossenen System bezeichnet werden, denn der Gleichgewichtszustand ist gleichbedeutend mit höchster Unordnung (Ungeordnetheit der Elemente[5].

---

1) Anisimow, S. und Wislobokow, A.: Dialektischer Materialismus und Kybernetik, in: Ostprobleme 1960, S. 567.

2) Anisimow, S./Wislobokow, A.: Dialektischer Materialismus und Kybernetik, a.a.O., S. 567.

3) Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 59.

4) Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 62.

5) Wiener, N.: Kybernetik, a.a.O., S. 38.

Um die Zusammenhänge zwischen Thermodynamik und statistischer Informationstheorie darstellen zu können, sind folgende Überlegungen erforderlich: Ein Signal entsteht, indem eine Informationsquelle durch die Einwirkung eines Ereignisses, durch die Handlung oder durch andere Signale dazu veranlaßt wird, ein Symbol oder Element aus einer Menge möglicher Symbole auszuwählen. Diese Auswahl wird durch das äußere Ereignis bestimmt, dem das Signal zugeordnet ist, jedoch haben das Signal oder die Signalgesamtheit als physikalische Erscheinung nichts mit dem dargestellten Ereignis gemeinsam, sondern besitzen eine selbständige Existenz in Raum und Zeit[1].

Daraus folgt, daß die (selektive) Informationsmenge völlig unabhängig ist von der Bedeutung, die einer Mitteilung beizumessen ist. Wenn also in diesem Sinne von einer Informationsübertragung gesprochen wird, so ist es völlig gleichgültig, ob es sich um eine sehr wichtige Nachricht oder um einen völlig inhaltslosen Unsinn handelt. Entscheidend sind einzig und allein die quantitativen (statistischen) Zusammenhänge bei der Auswahl der Signale aus dem gegebenen Vorrat; eine Bedeutung (beziehungsweise eine "Deutung" auf Seiten des Empfängers) erhalten die Signale erst auf der Ebene der semantischen Information.

Die Informationsquelle wählt die zu übertragende Information aus einem mehr oder weniger großen Vorrat möglicher Zeichen und Symbole[2] aus. Sie hat dabei ein mehr oder weniger großes Maß

1) Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 25.

2) Ein solcher Vorrat möglicher Zeichen und Symbole wird als "Signalalphabet" oder "Nachrichtenbreite" bezeichnet; vgl. King, Gilbert: Was ist Information, in Sammelwerk: "Elektronengehirn", Wiesbaden o.J., S. 138; Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 65.

an Freiheit, ein bestimmtes Symbol auszuwählen, und aus der Sicht des Empfängers scheint es daher mehr oder weniger ungewiß (zufällig), welche Symbole von der Quelle ausgewählt werden. Aber gerade diese Wahlfreiheit beziehungsweise die Ungewißheit über das, was die Informationsquelle aus dem Signalalphabet auswählt, ist die Voraussetzung dafür, daß die auf der Seite des Empfängers ankommenden Signale tatsächlich eine Information enthalten. Überspitzt gegensätzlich ausgedrückt: Hätte die Informationsquelle nur die Möglichkeit, ein einziges Zeichen oder Symbol (ohne jegliche Alternative) "auszuwählen", so würde dem Empfänger nichts Neues mitgeteilt, und er würde keine Information erhalten. Je größer also der Vorrat an möglichen Alternativen, je größer also die Ungewißheit der Auswahl ist, desto größer ist auch der Informationsbetrag der Signale.

Bringt man alle möglichen Symbole A_i in eine gewisse Ordnung und schreibt jedem von ihnen eine Wahrscheinlichkeit p_i für das Auftreten dieses Symbols bei einer realen Informationsübertragung zu, so erhält man ein endliches Schema, das aus einem vollständigen System sich paarweise ausschließender Symbole A_i und den ihnen entsprechenden Wahrscheinlichkeiten p_i besteht[1]:

$$A_1 \quad A_2 \quad A_3 \cdots\cdots A_i \cdots\cdots A_n$$

$$p_1 \quad p_2 \quad p_3 \cdots\cdots p_i \cdots\cdots p_n$$

Bei jeder Übertragung wird die Auswahl eines Elementes A_i aus dem Schema entsprechend der Wahrscheinlichkeitsverteilung vorgenommen. Da in jedem Falle eines der Elemente ausgewählt wird, muß die Summe aller Wahrscheinlichkeiten eins betragen.

1) Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 68.

Jedes Schema zeigt eine gewisse Unbestimmtheit bezüglich der Auswahl der Elemente, entsprechend der Annahme, daß nur dann Information übertragen wird, wenn die Auswahl mehr oder weniger unbestimmt (zufällig) erfolgt. Der Grad der Unbestimmtheit ist in den verschiedenen Signalalphabeten unterschiedlich. Die Unbestimmtheit wächst, wenn die Zahl der Elemente wächst und wenn die Wahrscheinlichkeiten gleichmäßig auf alle Elemente verteilt sind. Bei gleicher Zahl der Elemente wächst die Unbestimmtheit, wenn sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Gleichverteilung nähert. Vergleicht man beispielsweise die beiden Schemata

(a)

A_1	A_2
0, 5	0, 5

(b)

B_1	B_2
0, 01	0, 99

so hat das Schema (a) offensichtlich eine größere Unbestimmtheit als das Schema (b). Die Unbestimmtheit verschwindet vollständig, wenn eine der Wahrscheinlichkeiten eins wird[1].

Das Maß für die Unbestimmtheit der Auswahl in einem gegebenen endlichen Schema ist auch das Maß für die Informationsmenge pro Auswahl, weil die Auswahl die Unbestimmtheit aufhebt. Dieses Maß muß eine Funktion aller Wahrscheinlichkeiten p_i sein; es muß sich bei kontinuierlicher Veränderung von p_i ebenfalls kontinuierlich verändern und außerdem im Falle der Gleichheit aller Wahrscheinlichkeiten seinen maximalen Wert annehmen. Diesen (und noch einigen anderen) Forderungen genügt folgende Funktion[2]:

$$(4) \qquad H = -k \sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i$$

---

1) Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 69.

2) Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 69.

wobei k eine Konstante ist, die die Maßeinheit bestimmt. Als Maßeinheit der Informationsmenge oder Entropie benutzt man die Unbestimmtheit bei einmaliger Wahl zwischen zwei gleichwahrscheinlichen Möglichkeiten. Für diesen Fall beträgt H = 1; die Basis der Logarithmen ist (wie beim Maß der Informationskapazität eines Systems nach Hartley[1]) die Zahl zwei. Dadurch wird die Konstante mit k = 1 festgelegt[2]:

$$(5) \qquad H(\tfrac{1}{2}\,;\,\tfrac{1}{2}) = -\,(\tfrac{1}{2}\log\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\log\tfrac{1}{2}) = 1$$

Die Formel (4) für die Informationsmenge stimmt (bis auf das Vorzeichen) mit dem Ausdruck (3) für die Entropie in der statistischen Physik überein, und man bezeichnet in diesem Sinne den von einer Informationsquelle ausgewählten Informationsbetrag als Entropie einer Selektion[3]. Man kann von einer Nachrichtenquelle genau das sagen, was man auch von einem thermodynamischen Vorgang sagen könnte: Ist die Situation im höchsten Maße geordnet (weit von einer gleichmäßigen Verteilung der Elemente oder Ereignisse entfernt), so ist sie durch einen geringen Grad von Zufall oder Auswahl charakterisiert; die Information oder die Entropie sind gering[4]. Das Maximum der Entropie entspricht der größten Unbestimmtheit der Wahl; es tritt auf, wenn alle Wahrscheinlichkeiten gleich sind[5].

---

1) Nicht zu verwechseln mit der Kapazität eines Nachrichtenkanals.

2) Poletajew, I. A.: Kybernetik, a. a. O., S. 70.

3) Beer, St.: Kybernetik, a. a. O., S. 64.

4) Weaver, Warren: Die Mathematik der Information, a. a. O., S. 156.

5) Poletajew, I. A.: Kybernetik, a. a. O., S. 70.

§ 1.43 Die Informationsmenge im gestörten Kanal

Während im vorangegangenen Abschnitt die Informationsmenge immer im Sinne von potentieller Auswahl durch die Informationsquelle, also als das dargestellt wurde, was hätte übertragen werden können, handelt es sich nunmehr um tatsächlich übertragene Informationsmengen und ihre Beeinträchtigungen durch Störungen.

Es ist davon auszugehen, daß bei der Übertragung von Signalen über einen Kanal Störungen ("Rauschen") auf die Signale einwirken: Zu den beabsichtigten treten andere Signale hinzu, die nicht von der Nachrichtenquelle ausgewählt wurden, so daß das empfangene Signal aus einer größeren Gruppe ausgewählt wurde, als der Sender beabsichtigte. Damit erhöht sich die Unbestimmtheit der Auswahl, und entsprechend erhöhen sich (selektiv betrachtet) Entropie und Information. Die Unbestimmtheit, die sich aus der Entscheidungsfreiheit des Senders bei der Auswahl ergibt, ist allerdings erwünscht, die Ungewißheit aus Störungen ("Rauschen") ist dagegen unerwünscht[1].

Für die Beantwortung der Frage, welche nützliche Informationsmenge vom Empfang bis zum Ausgang des Kanals übertragen wird, ist davon auszugehen, daß bei Störungen das Ausgangssignal aufhört, mit dem Eingangssignal eindeutig funktional verbunden zu sein, so daß zwischen ihnen nur noch ein statistischer Zusammenhang besteht. Das Erscheinen der beiden Signale sind dann zwei zufällige Ereignisse:

1) das Erscheinen des Signals X am Eingang des Kanals mit der Wahrscheinlichkeit P (X);

2) das Erscheinen des Signals Y am Ausgang des Kanals mit der Wahrscheinlichkeit P (Y).

---

1) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 78/79; Weaver, W.: Die Mathematik der Information, a.a.O., S. 158.

Es wird angenommen, daß X und Y nicht unabhängig voneinander sind. Daher ist die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen und gemeinsamen Auftretens beider Signale P (XY) mit Hilfe der bedingten Wahrscheinlichkeit auszudrücken:

$$(6) \quad P(XY) = P(X)P(Y/X) = P(Y)\ P(X/Y)$$

Dabei bedeuten:

P (X/Y) = Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von X unter der Bedingung, daß Y eingetreten ist;

P (Y/X) = Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Y unter der Bedingung, daß X eingetreten ist.

Für alle möglichen Signale X_i und Y_k, die zwei voneinander abhängige endliche Schemata bilden, kann man die Entropie pro Symbol oder pro Zeiteinheit errechnen. Das Gleiche kann man auch durchführen für die Zusammenfassung der beiden Schemata von X und Y in ein einheitliches endliches Schema eines zusammengesetzten Ereignisses (XY)[1]:

$$(7) \quad H(XY) = \sum_i \sum_k P(X_iY_k)\ \log P(X_iY_k)$$

$$= \sum_i \sum_k P(Y_k)P(X_i/Y_k)\left[\log P(Y_k) + \log P\ (X_i/Y_k)\right]$$

$$= \sum_i P(X_i/Y_i) \sum_k P(Y_k)\ \log P(Y_k) +$$

$$\sum_k P(Y_k) \sum_i P(X_i/Y_k)\ \log P(X_i/Y_k)$$

---

1) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 79.

Da aber $\sum_i P(X_i/Y_k)$ für jedes Y_k als Summe der Wahrscheinlichkeiten eines vollständigen Systems von Ereignissen gleich eins ist, erhält man

$$(8) \quad H(XY) = H(Y) + \sum_k P(Y_k) \left[\sum_i P(X_i/Y_k) \log P(X_i/Y_k) \right]$$

Die Größe $\sum_k P(X_i/Y_k) \log P(X_i/Y_k)$ ist die Entropie des gesendeten Signals (des Schemas X) bei gegebenem Wert des empfangenen Signals Y_k. Da Y_k eine zufällige Größe ist, muß diese Entropie ebenfalls eine zufällige Größe sein. Ihre mathematische Erwartung hinsichtlich aller möglichen Signale Y_k am Ausgang geht in die Formel (8) ein. Die Größe

$$(9) \quad H(X/Y) = \sum_k P(Y_k) \sum_i P(X_i/Y_k) \log P(X_i/Y_k)$$

wird als bedingte Entropie bezeichnet. Sie gibt im Mittel über alle Y_k ein Maß der Informationsmenge pro Auswahl (oder ein Maß der Unbestimmtheit vor der Auswahl) aus einer Menge möglicher X_i, wenn Y_k bekannt ist. So erhält man

$$(10) \quad H(XY) = H(Y) + H(X/Y) \quad \text{und analog dazu}$$

$$(11) \quad H(YX) = H(X) + H(Y/X)$$

Die bedingte Entropie H(X/Y) kann nicht größer sein als die unbedingte Entropie H(X); es ist immer $0 \leq H(X/Y) \leq H(X)$. Anders ausgedrückt: Die Kenntnis des Signals Y vergrößert in keinem Falle die Entropie von X. Aus (10) und (11) folgt:

$$(12) \quad H(XY) \leq H(X) + H(Y)$$

Dabei tritt die Gleichheit nur in dem Falle ein, daß X und Y unabhängig sind. Im Falle der gegenseitigen Abhängigkeit von X und Y ist die Entropie nicht mehr additiv[1].

1) Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 80.

Aus der bisherigen Darstellung dieses Abschnitts ergibt sich folgende Situation:

1) Vor der Übertragung eines Signals ist ein endliches Schema bekannt, d.h., die möglichen Mitteilungen (Symbole) X_i, ihre Wahrscheinlichkeiten und folglich auch die Entropie der Quelle H(X), die das Maß der Unbestimmtheit für die Auswahl der X_i aus einer Menge möglicher X_i charakterisiert.

2) Nach Empfang des gestörten Signals Y existiert immer noch eine gewisse (wenn auch kleinere Unbestimmtheit: Welche der möglichen Mitteilungen X_i wurde nun wirklich gesendet? Diese "restliche" Unbestimmtheit wird durch die bedingte Entropie H (X/Y) charakterisiert, die auch als Unzuverlässigkeit oder Equivokation[1] bezeichnet wird[2].

Die bedingte Entropie H (X/Y) kann niemals größer sein als H(X); daher kann die Unbestimmtheit der Auswahl von X_i niemals anwachsen, sondern sich nach Empfang des verzerrten Signals nur verringern. Die Verminderung der Unbestimmtheit[3] (durch die Übertragung) rührt daher, daß trotz aller Störungen dennoch eine

---

1) Weaver, W.: Die Mathematik der Information, a.a.O., S. 158.

2) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 80.

3) Verringerung der Unbestimmtheit durch Empfang des Signals Y bedeutet folgendes: Vor der Auswahl und Übertragung eines Signals herrscht (wie bekannt) auf Seiten des Empfängers Ungewißheit darüber, welche Symbole die Informationsquelle auswählen wird. Durch Auswahl und Übertragung wird die Ungewißheit aufgehoben oder (bei Störungen) zumindest verringert, so daß der Empfänger eine Information erhält.

bestimmte Informationsmenge[1] über den Kanal übertragen wird. Diese Informationsmenge bezeichnet man bei der Errechnung der Entropie als die tatsächliche Übertragungsgeschwindigkeit R; sie ist gleich der Differenz zwischen der bedingten und der unbedingten Entropie[2]:

$$(13) \quad R = H(X) - H(X/Y)$$
$$= H(X) + H(Y) - H(XY)$$

Anders ausgedrückt: Die tatsächliche Übertragungsgeschwindigkeit R ist die Verminderung der Unbestimmtheit der Auswahl von X nach Empfang des Signals Y; sie entspricht der tatsächlich beim Empfänger ankommenden Informationsmenge und wird auch als "negative" Entropie oder Negentropie[2] bezeichnet. Entropie und Negentropie können praktisch als Gegensatz aufgefaßt werden, obgleich sie beide Maßgrößen für die Informationsmenge sind: Information im Sinne von Negentropie hebt die Unbestimmtheit auf.

Tritt im Kanal kein "Rauschen" auf, so ist (wie bereits festgestellt) H (X/Y) gleich Null, und die Übertragungsgeschwindigkeit (Negentropie) gleich der Entropie der Informationsquelle; anders ausgedrückt: die gesamte von der Quelle pro Zeiteinheit gesendete Informationsmenge gelangt zum Empfänger. Ist das Rauschen jedoch so stark, daß die bedingte Entropie gleich der Entropie der Informationsquelle ist, so durchläuft keinerlei Information den Kanal,

1) Es soll im Zusammenhang mit dem Begriff "Informationsmenge" klargestellt werden, daß dieser Begriff gegenüber früheren Verwendungen eine Wandlung erfahren hat: Bisher wurde Informationsmenge im Sinne von "Entropie einer Nachrichtenquelle" gebraucht, jetzt aber handelt es sich um die von der Quelle ausgewählte und tatsächlich übertragene Information.

2) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 81.

und die tatsächliche Übertragungsgeschwindigkeit ist gleich Null. Das heißt jedoch nicht, daß alle Signale gestört sein müssen: Wenn beispielsweise bei der Übertragung eines Signals im Alphabet (0, 1) nur die Hälfte der Zeichen den Kanal ohne Störung durchläuft, die andere Hälfte sich aber in zufälliger Weise in entgegengesetzte Zeichen verwandelt, so erweist sich die Übertragungsgeschwindigkeit gleich Null. Das ist schon deswegen zwingend, weil man in diesem Teil den Übertragungskanal gar nicht brauchte, sondern jedes Symbol einfach mit Hilfe eines Loses wieder herstellen könnte; das Ergebnis wäre das gleiche wie bei Benutzung des Kanals[1].

Die Entropie wird häufig als Maß der Unordnung der Information (im Sinne von Negentropie) als Maß der Ordnung gegenübergestellt. Durch die Auswahl und Übertragung der Entropie wird die Unbestimmtheit (unordnung) aufgehoben und in Negentropie verwandelt. Während der Übertragung wird durch Störungen neue Unbestimmtheit oder Unordnung (Entropie) eingeführt, welche die übertragene Informationsmenge (Negentropie) verringert. Entropie (in Form von Störungen) und Negentropie (in Form von übertragener Information) stehen sich als Gegensatzpaar Unordnung/Ordnung gegenüber[2].

Ebenso wie die Entropie eines (geschlossenen) Systems nur zunehmen kann, wird die übertragene Informationsmenge (Negentropie) infolge des Einflusses von Störungen nur abnehmen können; auf jeden Fall kann die Information unter keiner Voraussetzung zunehmen, genauso wie die Entropie nicht abnehmen kann. So ist es beispiels-

1) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 81.

2) Stoljarow, V./Kannegießer, K.H.: Zu einigen philosophischen Fragen der Kybernetik, a.a.O., S. 611; Ducrocq, A.: Die Entdeckung der Kybernetik, a.a.O., S. 188.

weise möglich, daß in einem Telegramm, durch welches der Beweis eines geometrischen Theorems übermittelt werden soll, einzelne Elemente dieses Beweises verstümmelt werden und der Empfänger den Beweis nicht rekonstruieren kann. Enthält das Telegramm dagegen den Satz, daß der Beweis nicht geführt werden kann, so ist es undenkbar, daß bei fehlerhafter Übermittlung dieses Telegramms die eingeführten Fehler den Beweis herbeiführen können[1].

Aus diesen Beziehungen zwischen Entropie und Negentropie sind verschiedentlich die phantastischsten Schlüsse gezogen worden: In gleicher Weise, wie Wiener aus den Gesetzen der Zunahme der Entropie für das Universum (als größtes geschlossenes System) eine Tendenz in Richtung auf einen schließlichen Wärmetod ableitet, wird entsprechend die These von einer Art "Informationstod" dieser Welt in dem Sinne vertreten, daß die Information laufend verausgabt wird und sich nur vermindern kann[2]. Gegen diese Theorie sind zwei wichtige Einwände zu erheben:

1) Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik (Gesetz von der Zunahme der Entropie) gilt nur für geschlossene, nicht für offene Systeme: Ein geschlossenes System muß (aufgrund des Zweiten Hauptsatzes) schließlich in einen zeitunabhängigen Zustand des Gleichgewichts (mit maximaler Entropie und minimaler freier Energie) übergehen. Demgegenüber

---

1) Vgl. Ducrocq, A.: Die Entdeckung der Kybernetik, a.a.O., S. 188/189.

2) Vgl. dazu Ducrocq, A.: Die Entdeckung der Kybernetik, a.a.O., S. 185; Novik, I.B.: Zu einigen methodologischen Problemen der Kybernetik, in: Sowjetwissenschaft (Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge) 1962, S. 1037.

können Reaktionsabläufe in offenen Systemen nicht zu einem echten Gleichgewicht, sondern nur zum sogenannten Fliessgleichgewicht führen[1].

2) Es ist unzulässig, die Information nur als physikalische Größe zu betrachten beziehungsweise die Gesetze der selektiven Information einfach auf die Ebene der Semantik zu übertragen: Für die selektive Information gelten unbestritten die Sätze von der Zunahme der Entropie und der Abnahme der Negentropie, aber sie gelten eben nur auf dieser Ebene! Läßt man einen Liter Wasser von 30° C mit einem Liter Wasser von 10° C in Wechselwirkung treten, so entstehen zwei Liter Wasser von 20° C, und die Entropie hat dabei zugenommen. Tritt dagegen der Informationsvorrat eines Professorengehirns durch Vorlesungs- und Seminartätigkeit mit den Informationsvorräten seiner Schüler in Wechselwirkung, so nimmt der Gesamtvorrat an Information keineswegs ab, wie man nach dem Satz von der Abnahme der Negentropie erwarten müßte[2].

Es kann also festgestellt werden: Die mathematisch-physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Informationstheorie von Wiener und Shannon gelten nur für die selektive Ebene der Information, nicht für die Ebene der Semantik. Diese Feststellung ist zunächst enttäuschend; andererseits sind einige Autoren[3] der Meinung, daß die formale Theorie von Wiener und Shannon zu einer inhaltlichen Theorie (der Bedeutung) ausgebaut werden könnte.

1) Näheres vgl. v. Bertalanffy, L.: Allgemeine Systemlehre, a.a.O., S. 121/122 und v. Bertalanffy, L.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S. 110 und S. 121 ff.

2) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 142; Ducrocq, A.: Die Entdeckung der Kybernetik, a.a.O., S. 190.

3) Weaver, W.: Die Mathematik der Information, a.a.O., S. 162 ff; Novik, I.B.: Zu einigen Problemen der Kybernetik, a.a.O., S. 1033 ff.

§ 2 Die Anpassung dynamischer Systeme

§ 2.1 Regelung als Grundelement der Anpassung

Ein dynamisches System kann Gleichgewichtszustände im Zeitablauf nur realisieren, wenn seine Strukturen nach dem Prinzip der Kreisschaltung angeordnet sind und der augenblickliche Zustand des Systems dessen Verhalten über eine Rückkopplungsschleife beeinflußt, so daß eine dynamische Folge: Reaktion in t_o - Rückmeldung des Ergebnisses - Entscheidung in t_1 beziehungsweise ein zeitlich endloser, geschlossener Kreis entsteht.

Durch dynamische Anpassungsvorgänge sollen Störungen von Gleichgewichtslagen beseitigt und der entsprechende Vorzugszustand erneut angestrebt werden. In diesem Sinne bewirkt der Begriff der Anpassung eine Zweiteilung des dynamischen Systems: Auf der einen Seite befindet sich der große Komplex von Faktoren, durch den der Zustand des Systems beschrieben wird; diese sogenannte Regelstrecke ist Gegenstand der Anpassungsvorgänge. Der Regelstrecke steht der sogenannte Regler als aktiver Teil des Systems gegenüber, von dem die Anpassungsaktionen und -reaktionen ausgehen. Regler und Regelstrecke stehen über den Regelkreis in dynamischer Wechselwirkung: (Abb. 4 folgende Seite).

Aus der Perspektive der Informationstheorie wird man das Gesamtsystem als einen (mehr oder weniger gestörten) Informationskanal Regelstrecke-Regler-Regelstrecke ansehen können, in welchem der Regler als aktives Element die Eingangsinformationen aus der Regelstrecke zu neuen Informationen verarbeitet.

Die Regelstrecke wird definiert als die äußere und innere beeinflußbare (oder zu beeinflussende) Gesamtsituation des Systems[1],

1) Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 587.

wobei zu beachten ist, daß die Skala von großer Beeinflußbarkeit bis zur absoluten Unbeeinflußbarkeit reichen kann; im letzteren Falle werden die Gegebenheiten der Regelstrecke zum Datum, und das System kann sich nicht mehr aktiv (strategisch), sondern nur noch passiv anpassen.

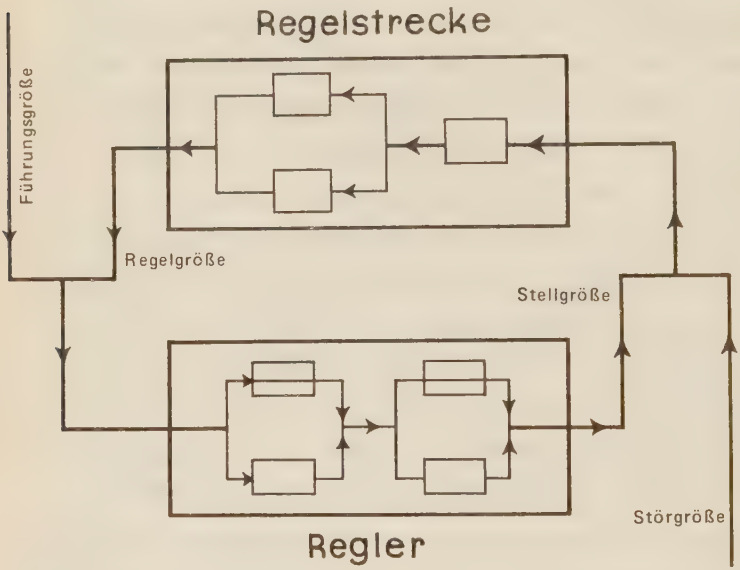

Abb. 4: Blockschaltbild eines Regelkreises

Der Zustand der Regelstrecke wird ausgedrückt durch Regelgrößen[1], welche die Eingangsinformationen (Inputs) für den Regler liefern. Hinter diesen Regelgrößen können zwei verschiedene Ursachen stehen:

1) Zufallseinwirkungen aus der Umwelt des Systems;
2) zweckgerichtete Aktionen oder Reaktionen der Regelstrecke.

1) Als Eingangsgrößen für den Regler werden nicht die Störgrößen sondern die Regelgrößen gewählt, in denen sich die Wirkungen der Störungen niederschlagen.

Im zweiten Fall liegt die typische Situation eines strategischen Spieles im Sinne der Theorie von Neumann/Morgenstern vor. Daher kann ein Regelungsprozeß formal als ein strategisches Spiel zwischen Regler und Regelstrecke aufgefaßt werden, in welchem die Regelstrecke gewissermaßen das Spielbrett darstellt, auf welchem gespielt wird[1]; dabei wird der Zufall in die Konzeption der Spieltheorie einbezogen, indem ihm eine eigene Interessenlage zugeschrieben wird[2].

Regelung als dynamische Wechselwirkung zwischen Regler und Regelstrecke ist darauf gerichtet, die Varietät der Regelstrecke auf einen bestimmten, angestrebten Vorzugszustand zu reduzieren beziehungsweise das Gesamtsystem in eine Klasse von Systemen mit geringerer Komplexität und Indeterminiertheit zu transformieren. Dieser Sachverhalt kann am Beispiel eines Sinfonieorchesters erläutert werden: Theoretisch kann dieses System als determiniertes System beschrieben werden, das eine bestimmte Partitur abspielt. Wenn es jedoch in der konkreten Situation zu spielen beginnt, so zeigt die Regelstrecke (das Orchester ohne Dirigent) eine natürliche Tendenz, Varietät zu entfalten, weil die einzelnen Musiker die Partitur verschieden interpretieren. Durch den Mangel an Kommunikation wird das System überdies dazu neigen, zusätzliche Unbestimmtheit zu entwickeln. Der Dirigent (Regler) hat nun die Aufgabe, das Element der Varietät zu reduzieren, indem er etwa fünfundachtzig Mann dazu bringt, nur und genau den Part ihres jeweiligen Instrumentes zu spielen[3].

1) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 114-117; o.V.: Kybernetik-Philosophie-Gesellschaft, in: Einheit 1961, (Beilage zu Heft 7/1961), S. 2.

2) Vgl. Menges, Günter: Das Entscheidnungsproblem in der Statistik, in: Allgemeines Statistisches Archiv 1958, S. 105; Ferschl, F.: Entscheidungsproblem und strategische Spiele, in: Unternehmensforschung 1958, S. 56.

3) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 42/43.

Der Regler kann die Aufgabe, die Varietät der Regelstrecke zu reduzieren, nur dann erfüllen, wenn er selbst einen Vorrat an möglichen Verhaltensweisen besitzt, der dieser Varietät adäquat ist; mit anderen Worten: die Varietät des Reglers muß der Varietät der Regelstrecke entsprechen. Diese wichtige Schlußfolgerung gilt als Axiom, weil die Mannigfaltigkeit der Störfaktoren durch die Mannigfaltigkeit der Anpassungsmöglichkeiten gebrochen werden muß[1], wenn es um die Vernichtung von Varietät (und damit um die Regelung dynamischer Systeme) geht. Ashby hat diesen Sachverhalt als Gesetz der erforderlichen Varietät bezeichnet[2].

Der Zustand der Regelstrecke schlägt sich in den Regelgrößen nieder, die als Eingangsinformationen in den Regler gelangen und dort, nach Vergleich mit den Führungsgrößen[3], Prozesse der Informationsverarbeitung auslösen. Außer dem eigentlichen Informationsverarbeitungsvorgang umfaßt die Funktion des Reglers noch weitere vor- und nachgelagerte Stufen, so daß insgesamt wie folgt unterschieden werden kann:

1) Aufnahme der Eingangsinformationen durch sogenannte Rezeptoren (sensorischer Bereich);

---

1) Vgl. Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, in: Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft (Herausgeber): Führungsentscheidungen und ihre Dispositionshilfen, Berlin, o.J., S. 22.

2) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 62.

3) Hinsichtlich der Führungsgrößen sind zwei Arten von Regelung zu unterscheiden: 1. Festwertregelung, bei der die Führungsgröße im Zeitablauf konstant bleibt oder nur in längeren Zeitabständen geändert wird (Beispiel: Thermostat); 2. Folgeregelung, bei der sich die Führungsgröße im Zeitablauf kontinuierlich ändert (Beispiel: selbstregelnde Flugabwehrkanone); Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 340/341.

2) logische Verknüpfung von Informationen zu einer Stellgröße[1];

3) Realisierung der Ausgangsinformationen durch sogenannte Effektoren (motorischer Bereich).

Der Prozeß der Informationsverarbeitung ist in jedem Falle durch eine Eingangsinformation (Input) und eine Ausgangsinformation (Output) charakterisiert. Dieser Zusammenhang zwischen Input und Output wird als Systemfunktion (im mathematischen Kontext als Übergangsfunktion) bezeichnet[2]. In dieser Systemfunktion spiegelt sich die Struktur des Reglers wider: Die aus der Informationsverarbeitung resultierenden Stellgrößen werden weniger durch

---

1) Der Begriff der Stellgröße ist gleichzusetzen mit den Ausdrükken "Aktivität" oder "Aktionsparameter", wobei zu beachten ist, daß der Inhalt dieser Stellgrößen entweder eine funktionelle (kurzfristige) oder eine strukturelle (langfristige) Regelungsmaßnahme sein kann.

2) Die mathematische Darstellung des Zeitverhaltens dynamischer Systeme ist Gegenstand der sogenannten "Servomechanismus-Theorie", die hauptsächlich aus dem Bereich technischer Regelungsprozesse hervorgegangen ist; dabei sind vor allem die Methode der Frequenzganggleichung und Ortskurve sowie die Methode der Differentialgleichung und Übergangsfunktion zu erwähnen. Für das Verständnis der Grundbegriffe dieser Theorie sind folgende Arbeiten nützlich: Thiel, Rainer: Zur mathematisch-kybernetischen Erfassung ökonomischer Gesetzmäßigkeiten, in: Wirtschaftswissenschaft 1962, S. 889 ff.; Geyer, H. und Oppelt, W. (Hrsg.): Volkswirtschaftliche Regelungsvorgänge im Vergleich zu Regelungsvorgängen der Technik, München 1957; Itelson, L.B.: Die Kybernetik und Fragen der Arbeitspsychologie, in: Sowjetwissenschaft (Serie: Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge) 1962, S. 1105 ff.; Tucker, George K. und Wills, Doris M.: Regelkreise der verfahrenstechnischen Praxis, München 1960; Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 130 ff.; Popov, E.P.: The Dynamics of Automatic Control Systems, London-Paris-Frankfurt-Reading/Mass. 1962; Stranzky, Rolf: Kybernetik ökonomischer Reproduktion. Grundriß einer Theorie der Steuerung wirtschaftlichen Verhaltens, Berlin 1966, S. 139 ff.

die technische oder semantische Information bestimmt (wenngleich in diesem Zusammenhang die Probleme des Informationsverlustes auf diesen Ebenen nicht zu unterschätzen sind), sondern sind letztlich immer das Ergebnis einer "wirklich" übertragenen, einer pragmatischen Information; die ganze Struktur des Empfängers entscheidet, nicht ein bestimmter Informationsbetrag.

Läßt man zunächst einmal die psychologischen Besonderheiten des Reglers "menschliches Gehirn" unberücksichtigt, so wird man feststellen können, daß sich eine ganze Reihe von Regelungsvorgängen auf einige typische Übergangsfunktionen reduzieren läßt. Diese Zusammenhänge werden von Ducrocq durch ein sehr anschauliches Beispiel erläutert: Ein ungeübter Autofahrer während der Fahrschulausbildung, der sich bemüht, seinen Wagen während der Fahrt (also im Zeitablauf) in der richtigen Entfernung von der Bordsteinkante zu halten, wird bei seinen ersten Versuchen auf kleine Abweichungen von der "Ideallinie" mit übertriebenen Steuerbewegungen reagieren, so daß er wieder eine neue Abweichung nach der anderen Straßenseite hervorruft und auf diese Weise in die typischen Schwankungen des Anfängers gerät. Er wird bald erkennen, daß er für die Einhaltung eines gleichmäßigen Abstandes vom Straßenrand im Zeitablauf außer der Abweichung von der "Ideallinie" auch noch die Änderungsgeschwindigkeit beachten und deshalb seine Steuerbewegungen derart korrigieren muß, daß sie abgestufter werden; die Änderungsgeschwindigkeit ist mathematisch die Ableitung der Abweichung nach der Zeit. Bei besserer Beherrschung der Fahrtechnik wird der Schüler unter anderem sogar den Veränderungen der Ableitung (also der zweiten Ableitung) in der Weise Rechnung tragen, daß er die Ursachen der Abweichung durch minimale Bewegungen des Steuers ausgleicht. Der perfekte Fahrer wird

schließlich dahin gelangen, daß er die Gesamtabweichung ausschaltet, welche sich mit der Zeit vielleicht zufällig ergibt und die ihn von der einen oder anderen Straßenseite wegführen würde. Mathematisch bedeutet das, daß der Fahrer den Fehler integriert[1].

Die höheren Regelungsformen[2], durch welche kompliziertere Anpassungsvorgänge möglich werden, berücksichtigen den Einfluß der Störungen auf die Regelstrecke in ihrer zeitlichen Veränderung und Entwicklung, so daß das System (das entweder als natürliches oder vom Menschen konstruiertes System funktioniert) gewissermaßen in die Zukunft extrapoliert und sein Verhalten dementsprechend einrichtet[3]. Höhere Regelungsformen treten vor allem in Regelkreisen auf, in denen die menschliche Intelligenz ein Glied des Kreises ist oder die vom menschlichen Intellekt entworfen worden sind[4]. Der Begriff der Intelligenz scheint unabdingbar mit den höheren Formen der Regelung verbunden zu sein; ein intelligent zu nennendes Wesen scheint Ableitungen bis zur fünften oder sechsten Ordnung berücksichtigen zu können[5].

---

1) Vgl. Ducrocq, A.: Die Entdeckung der Kybernetik, a.a.O., S. 48.

2) Regelungsformen können mathematisch als P-Regelung, D-Regelung und I-Regelung (oder Kombinationen) dargestellt werden; Vgl. Oppelt, W.: Regelungsvorgänge in der Technik und ihre Darstellung, in: Geyer, H./Oppelt, W. (Herausgeber): Volkswirtschaftliche Regelungsvorgänge im Vergleich zu Regelungsvorgängen der Technik, München 1957. Zu den Möglichkeiten der graphischen Darstellung vgl. vor allem Sauter, B.: Die Bedeutung der Kybernetik, a.a.O., S. 31.

3) In der sogenannten "Folgereglung" muß die Fähigkeit der Extrapolation in die Zukunft a priori unterstellt werden.

4) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 344/345.

5) Ducrocq, A.: Die Entdeckung der Kybernetik, a.a.O., S. 50.

Die Effizienz eines Regelkreises wird danach beurteilt, ob und in welcher Weise es dem Regler gelingt, die Regelstrecke in den angestrebten Vorzugszustand zu bringen und dementsprechend ein Gleichgewicht zu realisieren. Diese sogenannte Regelgüte[1] wird (abgesehen von einer systeminternen oder -externen Voraussage des zukünftigen Regelstreckenverlaufes, wie sie im Zusammenhang mit den höheren Regelungsformen bereits erwähnt wurde) durch eine ganze Reihe von Faktoren bestimmt:

1) Eine Regelung kann nur dann stabilisierend wirken, wenn das System über bestimmte Reserven im Realisationsbereich verfügt. Beispiel für dieses sogenannte Reserveprinzip: Die Regelung des Blutzuckerspiegels ist nur möglich, weil einerseits bei zu niedrigem Blutzuckergehalt eine Zuckerreserve in der Leber mobilisiert werden kann, andererseits bei einem Blutzuckerüberschuß ein Ausgleich über die Leber oder durch Zuckerabführung über den Harn erfolgen kann.

2) Regelungsmechanismen können Gleichgewichtszustände nur dann verwirklichen, wenn die angestrebten Sollwerte nicht vollkommen invariabel sind, sondern Abweichungen innerhalb eines bestimmten Toleranzbereiches zulassen[2].

3) In allen Situationen, in denen die gegebenen Mittel und Möglichkeiten des Reglers nicht ausreichen, das angestrebte Ziel auf direktem Wege zu erreichen, muß zunächst ein

---

1) Die Regelgüte wird mathematisch durch die Übergangsfunktion der Regelstrecke dargestellt; vgl. Thiel, R.: Zur mathematisch-kybernetischen Erfassung, a.a.O., S. 899.

2) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 38;
Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 334/335.

Teilziel verwirklicht werden, das den Ausgangspunkt für die Realisierung des Hauptzieles bildet; ein solches schrittweises Vorgehen bezeichnet man als Taktik[1]. Sind zur Erreichung von Teil- oder Unterzielen wiederum Teilziele notwendig, so bestimmt die Zahl der Unterziele die Ordnung der Taktik[2].

4) Die Wirksamkeit der Regelung ist abhängig von der Intensität, mit der der Regler auf die rückgemeldete Regelgröße reagiert (sogenannter Rückkopplungseffekt).

5) Für die Wiederherstellung von Gleichgewichtslagen spielt der Faktor Zeit eine sehr wesentliche Rolle, weil von der Eingabe in den Regler (Input) bis zur Reaktion des Reglers (Output) eine mehr oder weniger große Reaktionszeit (Totzeit) vergeht. Reagiert der Regler nicht sofort, dann ist die Ausgangsgröße gegenüber der Eingangsgröße zeitlich verzögert, so daß sich in einer sogenannten Phasen-Amplitudendarstellung folgendes Bild ergibt[3]:

---

1) Als typisches Beispiel für die Anwendung von Taktiken kann die Situation des Schachspielers genannt werden.

2) So liegt beispielsweise eine Taktik der Ordnung eins vor, wenn die Mittel zur Erreichung des angestrebten Hauptzieles durch eine einzige Zwischenoperation zu gewinnen sind; entsprechend spricht man von einer Taktik der Ordnung zwei, wenn es nötig ist, die Mittel der Mittel zu erarbeiten (usw.); Vgl. dazu Ducrocq, A.: Die Entdeckung der Kybernetik, a.a.O., S. 122 ff.

3) Vgl. Tustin, Arnold: Das Prinzip der Rückkopplung, in: Sammelwerk "Elektronengehirn", Wiesbaden, o.J., S. 43.

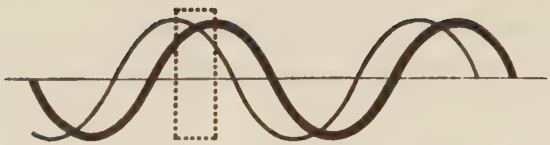

Abb. 5: Zeitverzögerung der Ausgangsgröße gegenüber der Eingangsgröße in Phasen-Amplituden-Darstellung

Da die Abweichung infolge der Totzeit nicht sofort behoben werden kann, kommt es zu ständigen Oszillationen: Die Regelgröße überschießt zunächst den angestrebten Wert, wird dann zurückgeholt, überkompensiert die Gegenbewegung, wird wieder zurückgeholt usw.. Der Regelkreis steuert also das gesteckte Ziel dauernd an, und seine Bahn ist die Summe aller oszillatorischen Bewegungen[1].

Für die Abhängigkeit des Systemverhaltens von Rückkopplungseffekt und Reaktionszeit ist eine Vielzahl von Möglichkeiten denkbar. Geht man beispielsweise für eine Darstellung in der sogenannten Phasen-Amplituden-Methode von einem linearen System mit proportionaler Abhängigkeit zwischen Input und Output (P-Regelung) aus, das ferner die Eigenschaft besitzt, daß die Schwingungsphasen von Eingang und Ausgang um genau 180^{o} (das entspricht der Hälfte einer vollen Schwingung von Maximum zu Maximum) gegeneinander verschoben sind, so sind drei Fälle denkbar[2].

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 41.

2) Tustin, Arnold: Das Prinzip der Rückkopplung, a.a.O., S. 42ff.

1) Die Rückkopplungseffekte von Input (Regelgröße) und Output (Stellgröße) haben die gleiche Amplitude; daraus ergibt sich ein Zustand ständiger Oszillation.

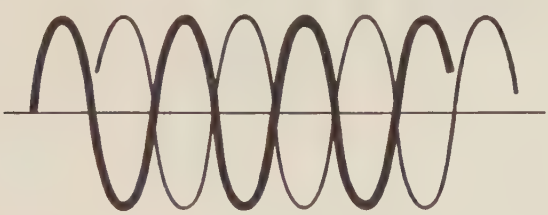

Abb. 6: Oszillatorische Schwingungen

2) Der Rückkopplungseffekt des Input ist geringer als der des Output, die Oszillation wird gedämpft und kann völlig verschwinden: die Regelung ist stabil in bezug auf die Regelgröße.

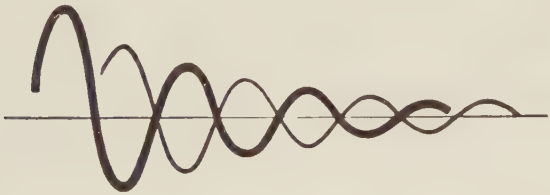

Abb. 7: Gedämpfte Schwingungen

3) Die Rückkopplung führt zu einer größeren Stellgröße (Output) als die Regelgröße (Input) erforderlich macht; es ergibt sich eine unstabile Oszillation, die das System immer mehr vom Sollwert entfernt.

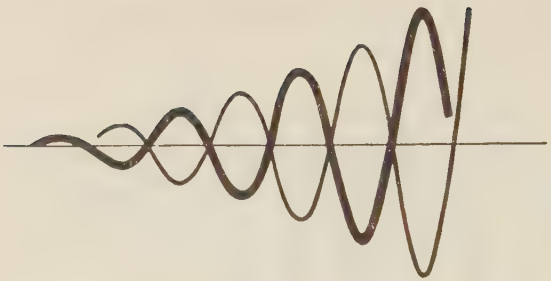

Abb. 8: Unstabile oszillatorische Schwingungen

Jeder Regler ist natürlich in seiner Regulationsfähigkeit in irgendeiner Weise begrenzt: Entweder liegt die Regelabweichung außerhalb seines Regelbereiches, so daß sein Stellbereich nicht ausreicht, die Zustandsabweichungen zu beseitigen[1]; dann muß die Regelung einem übergeordneten Regler mit einer größeren Breite funktioneller oder struktureller Anpassungsmöglichkeiten überlassen werden. Tritt jedoch der Fall ein, daß alle denkbaren Anpassungsmöglichkeiten objektiv nicht ausreichen, die Regelstrecke in Richtung auf den gewünschten Vorzugszustand zu beeinflussen, müssen die Zielsetzungen geändert und ein Gleichgewichtszustand auf einem entsprechend niedrigeren Niveau angestrebt werden.

§ 2.2 Verhaltensweisen in den verschiedenen Anpassungsformen

§ 2.21 Stabilität durch Rückkopplung erster Ordnung

Entsprechend dem Gesetz der erforderlichen Varietät soll der Vorrat möglicher Verhaltensweisen des Reglers mit der Mannigfaltig-

1) Nürck, Robert: Funktions- und strukturbedingte Regelungsmaßnahmen der Unternehmung, in ZfB 1960, S. 745.

keit der möglichen Regelstreckenzustände übereinstimmen. Besteht nun die Regelstrecke aus nur einer oder einigen wenigen Variablen, so braucht dementsprechend die Struktur des Reglers nur sehr einfach zu sein: Im Beispiel der Temperaturregelung eines Hauses wird die Regelstrecke durch eine einzige Größe (die Temperatur) beschrieben, und dementsprechend reagiert der Thermostat nur mit einer einzigen Stellgröße, die darüber hinaus nur zwei Werte (Öffnen oder Schließen der Drosselklappe) umfaßt. Man wird sagen können: Die Regler einfacher Systeme reagieren

1) nur mit einigen wenigen Stellgrößen;

2) völlig determiniert;

3) in direkter Abhängigkeit von den einkommenden Regelgrößen, also in einer direkten Rückkopplungsschleife (ohne Zwischenschaltung von irgendwelchen Speicherelementen); in diesem Sinne spricht Churchman von Rückkopplungen erster Ordnung[1].

Diese einfachen determinierten Systeme mit einer begrenzten Anzahl von Variablen sind das bevorzugte Anwendungsgebiet der bereits erwähnten Servomechanismus-Theorie; sie werden in der Terminologie der Selbstregelung als selbstregulierende Systeme bezeichnet[2].

---

1) Vgl. Churchman, C. West/Ackoff, Russel L./Arnoff, E. Leonard: Operations Research. Eine Einführung in die Unternehmensforschung, Wien und München 1961, S. 84.

2) Vgl. Stoljarow, V./Kannegießer, K.H.: Zu einigen philosophischen Fragen der Kybernetik, a.a.O., S. 607 ff.

§ 2.22 Ultrastabilität

An die einfachen determinierten Rückkopplungssysteme schließt sich die Klasse der ultrastabilen Systeme[1] an. Ultrastabile Systeme sind gekennzeichnet durch

1) Verbindung von zwei Schaltprinzipien
   a) Rückkopplung: Stabilisierung innerhalb eines Feldes von determinierten Verhaltensweisen;
   b) Stufenfunktion: Stabilisierung durch die Möglichkeit, in kritischen Situationen das Feld des Verhaltens[2] zu wechseln.
2) Stufenschaltung nach der sogenannten "Versuch- und Irrtum"-Methode.

Auch das ultrastabile System basiert zunächst einmal auf dem Prinzip der Rückkopplung. Es paßt sich durch Veränderungen einer bestimmten Variablen den Regelstreckenzuständen an. Wenn jedoch die Bedingungen der Regelstrecke so extrem sind, daß kein Wert der betreffenden Variablen einen stabilen Zustand herbeiführen kann, verläßt es das kritische Feld, indem eine Schaltung in Funktion tritt, die das System gleichsam einen Sprung machen und entlang einer neuen Variablen den stabilen Zustand suchen läßt; führt auch diese Variable nicht zum Erfolg , folgen weitere Sprünge in neue Felder des Verhaltens, bis endlich der Vorzugszustand erreicht wird.

Grundlagen ultrastabiler Systeme sind also Rückkopplungsmechanismen; dementsprechend ist ein Großteil des Schaltnetzes im multistabilen System zwar variabel (wie Rückkopplungssysteme eben

1) In der Terminologie der Selbstregelung werden ultrastabile Systeme als selbststabilisierende Systeme bezeichnet; vgl. Stoljarow, V./Kannegießer, K.H.: Zu einigen philosophischen Fragen der Kybernetik, a.a.O., S. 609 ff.

2) Vgl. dazu auch § 1.1 dieser Arbeit.

sind), aber dennoch streng determiniert. Der entscheidende Punkt liegt in folgendem Prinzip: Überschreiten die Regelgrößen einen kritischen Wert, wird ein Stufenschalter in Gang gesetzt. Das Ingangsetzen ist immer noch ein genau determinierter Vorgang, die Werte jedoch, auf die sich der Schalter einstellen kann, sind völlig dem Zufall überlassen oder genauer: die Leitungen innerhalb des Schalters folgen nicht einem bestimmten (durch die Funktion des ganzen Systems gegebenen) Plan, sondern sind aufs Geratewohl angelegt.

Dementsprechend wird man feststellen können, daß das ultrastabile System zweifach bestimmt ist, und zwar durch

1) einen determinierten Teil, der die meisten Elemente des Systems miteinander verbindet;

2) einen indeterminierten Teil, der in kritischen Zuständen völlig wahllos einen großen Vorrat von möglichen Verhaltensweisen durchmustert und dadurch den Vorzugszustand herbeizuführen versucht.

Im ersten Teil ist jeder Schritt durch den vorangegangenen genau bestimmt, im zweiten ist nur das Ingangsetzen des Stufenschalters selbst bestimmt, während die darauffolgenden Reaktionen vom Zustand des Systems her (und ohne Kenntnis des Schaltplanes) nicht vorausgesagt werden können[1].

Es leuchtet ein, daß durch die Stufenfunktion die Anpassungsmöglichkeiten eines dynamischen Systems entscheidend erhöht werden: Ein System mit nur zwei Stufenfunktionen[2], die außerdem noch untereinander verbunden sind, kann bei Annahme von drei Werten

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 80.

2) Die Stufenfunktionen können praktisch als Teilsysteme angesehen werden.

pro Stufenfunktion $3^2 = 9$ verschiedene Verhaltensweisen erreichen; ein System mit vier Stufenschaltern und je fünfundzwanzig Werten kann $25^4 = 390625$ Verhaltensweisen realisieren[1]. Bereits einige wenige Stufenfunktionen mit verhältnismäßig wenig Stufen können also eine riesige Anzahl von Verhaltensweisen erzeugen, so daß aus dieser Perspektive das "Wunder" der Anpassung lebendiger Systeme an die Umwelt durchaus realistische Züge erhält[2].

Die Problematik des ultrastabilen Systems besteht darin, daß unter den dargestellten Konstellationen die Zeitdauer der Stabilisierung sehr groß und dementsprechend die Wahrscheinlichkeit der Stabilisierung sehr gering ist. Bei der Stufenschaltung des ultrastabilen Systems beeinflußt jede Störung sämtliche Variablen des Systems, und jeder einzelne Anpassungsvorgang erfordert eine Umorientierung aller Variablen. Genügend komplexe Systeme mit einer entsprechend großen Anzahl von Stufenschaltern und Variablen benötigen daher unter Umständen Tage, Monate oder sogar Jahre, um alle möglichen Verhaltensweisen abzusuchen; die Stabilitätswahrscheinlichkeit ist entsprechend gering, und Organismen mit einer derartig unsicheren Anpassungswahrscheinlichkeit würden die nächstbeste Umweltveränderung kaum überstehen[3].

Bei genauerer Betrachtung setzt sich das Problem der Stabilisierungszeit und Stabilisierungswahrscheinlichkeit aus zwei Komponenten zusammen:

1) Eine völlige Interdependenz sämtlicher Untersysteme und Variablen ist unrealistisch, weil durch beliebige Zustands-

---

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 56.

2) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 122.

3) Vgl. Stoljarow, V./Kannegießer, K.H.: Zu einigen philosophischen Fragen der Kybernetik, a.a.O., S. 608.

änderungen der Regelstrecke nur einige wenige Variable direkt angesprochen werden, so daß das Gesamtsystem in eine Reihe relativ autonomer Teilsysteme zerfällt, von denen (je nach Anforderungsart) einige zu einer einheitlichen Verhaltensstruktur koordiniert werden[1].

2) Die völlige Regellosigkeit des Stufenschalters und dementsprechend die völlig wahllose Durchmusterung der Verhaltensweisen sind Annahmen, unter denen (zumindest in den höheren Formen des organischen Lebens) in keinem Falle Gleichgewichtslagen denkbar sind[2]. Ein Blick auf die Realität zeigt, daß sich die Veränderungen der Regelstrecken komplizierter dynamischer Systeme größtenteils in voraussagbarer Weise vollziehen. Dementsprechend wird es (in Anbetracht dieser Gesetzmäßigkeiten) für komplizierte Organismen zweckmäßig sein, einen Vorrat gesetzmäßiger (also nicht wahlloser) Reaktionen zu besitzen; mit anderen Worten: es werden durch Erfahrungen (oder eine entsprechende Programmierung) bestimmte erfolgversprechende Anpassungen oder Verhaltensweisen vorgezogen, während andere gar nicht erst versucht werden. Die riesige Varietät komplizierter Systeme wird so durch die Zwischenschaltung von Lernprozessen in eine Reihe wohldefinierter Kanäle zerlegt und

---

1) Das Problem der Stabilisierungszeit in Abhängigkeit von der Art des Zusammenhangs zwischen den Systemvariablen wird von Klaus in einem Zahlenbeispiel dargestellt; vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 126.

2) Die Vorstellung von einer völlig zufälligen Wahl der Verhaltensweisen entspricht der berühmten Behauptung, daß ein Affe, den man hinreichend lange auf den Tasten einer Schreibmaschine herumhauen läßt, unter Umständen sämtliche Shakespeare-Sonetten aufschreibt; vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 174.

auf Wahrscheinlichkeitsfelder eingeengt, wodurch sich die Anpassungszeit ganz gewaltig reduziert[1]. Das schließt allerdings nicht aus, daß sich die Reaktionen der Regelstrecke manchmal in unvorhergesehener Weise ändern können; für diese Fälle müssen dynamische Systeme dann in der Lage sein, die festgelegten Reaktionsbahnen zu verlassen und spontan (also völlig indeterminiert) neue Wege zu suchen.

Ein dynamisches System, das die Schwächen des ultrastabilen Systems ausschaltet, das also auf Zustandsänderungen der Regelstrecken nicht mehr durch Umorientierung sämtlicher Variablen und in völlig regelloser Weise reagiert, gehört in die Klasse der multistabilen Systeme[2]. Aus den beiden Voraussetzungen des multistabilen Systems leitet sich die Gliederung des nächsten Abschnittes ab: das dynamische Verhalten des multistabilen Systems wird einerseits durch die relative Autonomie und Koordination der Teilsysteme und andererseits durch die Lernfähigkeit des Systems bestimmt.

§ 2.23 Multistabilität (Rückkopplung zweiter Ordnung)

§ 2.231 Relative Autonomie und Koordination der Teilsysteme

Ein kompliziertes dynamisches System muß so beschaffen sein, daß es in der Lage ist, die Rückmeldungen über Regelstreckenzustandsänderungen in der Weise zu kanalisieren, daß nur einige wenige

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 82.

2) In der Terminologie der Selbstregelung wird das multistabile System als selbstorganisierendes System bezeichnet; vgl. Stoljarow, V./Kannegießer, K.H.: Zu einigen philosophischen Fragen der Kybernetik, a.a.O., S. 609 ff; Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 154/155 und S. 361 ff.

Variable angesprochen werden, die dann (unabhängig von den übrigen Variablen) in kürzester Zeit den stabilen Zustand suchen können. Das bedeutet, daß das System die direkt beeinflußten Variablen von den übrigen Variablen trennen und zu einem operativen Teilsystem zusammenschalten muß. Das Gesamtsystem besteht dann aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von Teilsystemen, die mehr oder weniger autonom operieren können. Durch die Einschränkung "mehr oder weniger" soll ausgedrückt werden, daß es sich um eine relative Autonomie handelt: neu auftretende Regelstreckenzustände können eine plötzliche Koordination der an sich autonomen Untersysteme notwendig machen[1].

In der Vorstellung von komplexen dynamischen Systemen müssen also sowohl (relative) Autonomie als auch Koordination der Untersysteme Platz haben. Die gesuchte Erklärung ergibt sich formal aus der Einführung des Begriffs der Teilfunktion: Das Gesamtsystem zerfällt in Teilsysteme, die von den übrigen Variablen abgeschirmt Stabilität suchen; dennoch bleiben die Teilsysteme miteinander verbunden und zwar über die Teilfunktionen, die zeitweilig konstant bleiben und dadurch die Teilsysteme abschirmen. Wird aus irgendeinem Grunde eine Neuorientierung des Gesamtsystems erforderlich, so erfolgt diese ebenfalls über die Teilfunktionen, die dann von ihren konstanten Werten in fluktuierende Stadien der Erregung übergehen und somit die Möglichkeit bieten, Informationen zwischen den Teilsystemen auszutauschen.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß der Charakter der Teilfunktionen einen wesentlichen Einfluß auf die Konstellationen des Gesamtsystems ausübt, weil durch diese Teilfunktionen die Art

---

1) Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 61.

der Koppelung der Teilsysteme zu eben jenem Gesamtsystem bestimmt wird; so bedeutet beispielsweise eine "geringe Kopplung", daß die Teilsysteme durch Teilfunktionen mit einem geringen variablen Anteil und einem großen konstanten Anteil miteinander verbunden sind[1].

Klaus erläutert das multistabile System am Beispiel eines Systems aus Autofahrer und Auto: Dieses System besitzt eine ganze Reihe von Variablen, beispielsweise die unterschiedlichen Stellungen des Gaspedals und des Steuerrades, Betätigung von Kupplung und Bremse, sowie die übrigen Tätigkeiten des Autofahrers; alle Variablen sind über die Gliedmaßen und Sinnesorgane mit dem Gehirn gekoppelt. Eine absolute (dauernde) Interdependenz zwischen der Gesamtheit der Variablen würde das Autofahren sehr schwierig gestalten; stattdessen ist es diesem System möglich, zeitweilig in die Untersysteme

S_1 (Fahrer plus Steuer)
S_2 (Fahrer plus Kupplung)
.....
.....
S_n (Fahrer plus Gaspedal)

zu zerfallen, die dann voneinander unabhängig und dadurch in der Lage sind, sich an die Straße und die Verkehrsverhältnisse anzupassen. Diese zeitweilige Unabhängigkeit ist allerdings nur deshalb von Nutzen, weil die Umgebung der Regelstrecke (Straße plus Verkehrslage) selbst in Teilsysteme zerfällt, die zeitweilig und relativ unabhängig voneinander sind: Erlernt man das Autofahren, so muß man zu jedem Aspekt der Umwelt einen Regler konstruieren, der diesem Aspekt angepaßt ist und dann alle Teilregler zu einem Gesamt-

1) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 480.

regler verknüpfen. Wären Straße und Verkehrslage selbst ein System mit einem sehr dichten Relationsnetz und einer Vielzahl von Variablen, die sich ständig plötzlich ändern, so wäre dem Autofahrer eine Anpassung unmöglich, weil er als Regler dieser Vielfalt der Regelstrecke nicht gewachsen wäre; niemand könnte das Autofahren erlernen, wenn jede Straße in rascher Folge Schlaglöcher und gute Strecken, Berg und Tal, scharfe Links- und Rechtskurven, Glatteis und trockene Abschnitte aufweisen würde[1].

Die Vorzüge des multistabilen Systems gegenüber dem ultrastabilen System bestehen nicht nur darin, daß es wesentlich schneller zu stabilen Zuständen gelangt, sondern daß es viele Anpassungshandlungen gleichzeitig durchführen kann, indem sich "verschiedene Kombinationen von Untersystemen mit verschiedenen Umweltverhältnissen ohne gleichzeitige Störung auseinandersetzen können. Eine Anpassung kann trotz Erwerbung vieler anderer Anpassungen bewahrt, eine Struktur neben vielen anderen Strukturen aufrechterhalten werden, denn zwischen den einzelnen Untersystemen und Kombinationen von Untersystemen steht eine Mauer von Teilfunktionen, deren Werte sich nicht ändern, die also die Einwirkungen verschiedener Verhaltensweisen aufeinander abschirmen[2]." Im Bedarfsfalle jedoch verlassen die Teilfunktionen ihre konstanten Werte und geraten in Bewegung, wodurch dann die Koordination der bis dahin getrennten Untersysteme zu bestimmten neuen Verhaltensformen möglich wird. Jede Verhaltensform besitzt ein charakteristisches Muster miteinander koordinierter Untersysteme; ändern sich die Verhaltensweisen, "so ändern sich diese Muster, fallen auseinander, bauen sich wieder auf, in stetem Suchen nach der Form, die dauert[3]".

---

1) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 162.

2) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 61/62.

3) Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 62.

§ 2.232 Lernfähigkeit des dynamischen Systems[1)]

Bei der formalen Darstellung des Lernvorganges dynamischer Systeme ist zunächst zu unterscheiden zwischen dem Erwerb effektiv neuer Kenntnisse einerseits, sowie der laufenden Vertiefung und Sicherung der gewonnenen Kenntnisse (sogenannte "Übung") andererseits. Unter Berücksichtigung dieser Unterscheidung können Lernprozesse in zwei verschiedene Gruppen eingeteilt werden:

1) Passiv-rezeptive Aneignung fremdgenormten Gedächtnismaterials; die dazugehörige "Übung" besteht in diesem Falle in einer mechanisierten Wiederholung identischer Programme, die unter Fremdkontrolle zu wachsender Erinnerungssicherheit und erhöhter Reproduktionsgeschwindigkeit führt[2)].

2) Aktive Selbstbelehrung durch experimentierendes Verhalten; in dieser Sicht erscheint "Übung" als suchendes, eigenkontrolliertes Verhalten mit systematischer Variation des Programms, wobei der erfolgreichste Weg der Problemlösung festgehalten wird[2)].

Unter der Annahme, daß der Lernvorgang nur im aktiven Sinne aufgefaßt werden soll, ist Lernen wie folgt zu definieren: Ein System

1) Der Verfasser stützt sich in diesem Abschnitt vorwiegend auf die Arbeit von Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen zur Struktur von Lernprozessen, a.a.O., S. 14 ff. Dabei werden die psychologischen Probleme des Lernens von vornherein ausgeklammert und nur die formalen Zusammenhänge dargestellt. Haseloff stellt allerdings fest, daß eine vollständige, interdisziplinäre Theorie des Lernens noch gar nicht vorhanden ist. Die Schwierigkeiten beginnen bereits bei der Begriffsbildung, denn selbst hinter Erscheinungen wie "Intelligenz" und "Denken" stehen Sachverhalte, die mit Recht mehr und mehr als Spezialfälle des Lernens gesehen werden.

2) Vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen ... a.a.O., S. 15.

lernt, wenn es auf eine bestimmte Regelgröße zunächst mit einer ungeordneten Folge von Verhaltensweisen, später dagegen mit spezifischen Verhaltensweisen reagiert. Zwischen Regelgröße und Stellgröße besteht nach dem abgeschlossenen Lernvorgang keine bloß zufällige, sondern eine mehr oder weniger gesetzmäßige Beziehung. Der Umschwung tritt ein, wenn eine Stellgröße mehrere Male zu einem positiven Ergebnis geführt hat; das System speichert die günstigste Sequenz der Ereignisse und reagiert später auf die auslösende Regelgröße sofort (ohne erst herumzuprobieren) mit der entsprechenden Stellgröße[1]. Lernen bedeutet also immer Veränderung von Verhaltensweisen (in bezug auf bestimmte, sich wiederholende Regelgrößen), und zwar in Richtung von zufälligen zu weniger zufälligen Verhaltensweisen.

Bei der Behandlung von Lernvorgängen ist eine sehr wesentliche Unterscheidung hervorzuheben:

1) Der Lernvorgang eines einzelnen Systems (Lebewesens) wird als ontogenetisches Lernen bezeichnet: Aus der laufenden Vervollkommnung der Verhaltensweisen entsteht eine Kette von Ereignisfolgen, die man als "Geschichte" des Systems ansehen könnte. Das dynamische System bereichert sich also mit den Ergebnissen seiner vorangegangenen Geschichte und wirft sie zum entsprechenden Zeitpunkt wieder in die Waagschale; es verbessert seine Wirkungsweise und sammelt laufend Erfahrungen[2].

---

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 30; entsprechend auch Nowik, I.B.: Zu einigen methodologischen Problemen der Kybernetik, a.a.O., S. 1041; Stoljarow, V./Kannegießer, K.H.: Zu einigen philosophischen Fragen der Kybernetik, a.a.O., S. 609.

2) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 405.

2) Der ontogenetische Lernvorgang unterscheidet sich grundsätzlich vom Lernprozeß einer tierischen Art als Ganzes (also einer gesamten Rasse), den man im allgemeinen durch den Begriff des phylogenetischen Lernens kennzeichnet[1].

Die Evolution einer ganzen Art oder Rasse erzielt ihre Wirkungen nur über sehr lange Zeiträume, weil sie sich bei jeder Veränderung auf einen als Mutation bezeichneten Zufallsprozeß verläßt und in diesem Sinne auf der Ebene des ultrastabilen Systems liegt. Mathematisch gesehen handelt es sich bei der Aufeinanderfolge dieser Veränderungen um eine Markoff-Kette; jeder Wechsel leitet sich direkt und ausschließlich aus dem unmittelbar vorangegangenen Zustand her und hat nichts zu tun mit den früheren Zuständen, die Teil seiner Geschichte sind[2]. Allerdings kann ein solcher Markoff-Prozeß nicht von selbst lernen: Evolutionäres (phylogenetisches) Lernen resultiert vielmehr einzig und allein aus den Rückkopplungsschleifen, die nur solche genetische Markoff-Ketten begünstigen, die sich anpassen, während die anderen Ketten zerschlagen werden[3].

Evolutionsprozesse der Natur sind schwerfällige Lernvorgänge, die sich nur deshalb bewähren, weil sich einerseits die auslösenden Umweltveränderungen auch nur langsam vollziehen und weil andererseits der Zeugungsprozeß verschwenderisch verläuft. Ontogenetische Lernprozesse dagegen müssen in der Regel raschen Veränderun-

---

1) Zur Unterscheidung zwischen ontogenetischem und phylogenetischem Lernen vgl. Wiener, N.: Kybernetik, a.a.O., S. 241 u.257.

2) Die Markoff-Beschreibung des Evolutionsvorganges bedarf einer geringfügigen Modifizierung, weil die Information aus früheren Zuständen (in Gestalt der genetischen Affekte) durch die verschiedenen Generationen hindurchsickert; vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 178.

3) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 178/179.

gen gewachsen sein und können daher nicht im Stile ultrastabiler Systeme reagieren, indem sie alle Möglichkeiten der Varietät durchprobieren. Eine Markoff-Entwicklung ist deshalb zu langsam; das vollkommene dynamische System muß sein Verhalten über die ganze Kette, also in der geschichtlichen Entwicklung berücksichtigen, und ein ontogenetischer Lernvorgang muß daher in jedem Falle als ein Nicht-Markoffscher- (stochastischer) Prozeß angesehen werden[1].

Der logisch-theoretische Prozeß, den das System bis zur Vollendung eines ontogenetischen Lernvorganges zu durchlaufen hat, läßt sich (nach Haseloff) in mehrere Phasen aufgliedern[2]:

1) Phase des Neulernens (Phase der Akquisition), in der mehrere Entwicklungsstufen zu erkennen sind:

   a) Konditionierung und Substitution: Die Substitution einfacher Reaktionen ist die elementare Akquisitionsform und bildet die physiologische Basis des Lernens. So ist beispielsweise der bedingte Reflex eines Tieres als ein Reiz-Reaktionsschema darzustellen, in welchem Reiz und Reaktion durch einen Nervenmechanismus verbunden sind und durch einen Lust-Schmerz-Mechanismus konditioniert werden[3]. Zwar kann Lernen nicht ausschließlich auf die Modelle der Akquisition, des bedingten Reflexes und der Konditionierung zurückgeführt werden; andererseits darf als sicher gelten, daß der probabili-

---

1) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 178/179.

2) Vgl. Haseloff, O.W. Einige Hypothesen ... a.a.O., S. 21 ff.; ferner: von Cube, Felix. Was ist Kybernetik? Grundbegriffe-Methoden-Anwendungen. Bremen 1967. S. 51 ff.

3) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 31, u. S. 48.

stische Konditionierungsprozeß für die Erklärung des Überganges auf deterministische Verhaltensweisen von fundamentaler Bedeutung ist.

b) Lernen durch Verstärkung und Rückkopplung ermöglicht die Akquisition durch die Rückmeldung von Reaktionsfolgen: Das System wählt aus seinen mannigfachen Reaktionsmöglichkeiten diejenigen aus, die in der Vergangenheit mit Änderungen der Umweltgegebenheiten, Erfolgserlebnis und Spannungsreduktion verknüpft waren. Der Erfolg der Reaktion wird zurückgemeldet und führt zur konnektiven Verstärkung der Wahrscheinlichkeiten des Wiederauftretens dieser (erfolgreichen) Reaktion gegenüber analogen Situationen und Problemen. In diesem Sinne kann Lernen als umweltbedingte Verhaltensselektion durch eine Rückkopplung zweiter Ordnung[1] angesehen werden.

c) Lernen durch interne Repräsentation und symbolische Operation ist die gegenwärtig komplexeste Stufe der Akquisition: Im Gegensatz zu den bisherigen Vorstellungen, daß bestrafte oder nutzlose Verbindungen aus dem Informations- und Reaktionspotential ausgeschieden und gelöscht werden, haben neuere Experimente gezeigt, daß Bestrafung eine interne Reaktion (beispielsweise Furcht) erzeugt, der wieder bestimmte interne Reize (vor allem Wörter und Symbole) durch Lernen zugeordnet werden; zu diesen internen Reizen können dann externe Reaktionen (beispielsweise der Gefahrenvermeidung) konditioniert werden[2].

---

1) Vgl. Churchman, C.W./Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 84.

2) Vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen ... a.a.O., S. 22.

2) Phase der gedächtnismäßigen Speicherung und Organisation des Reaktions- und Informationspotentials: Erst durch die Einführung eines Datenspeichers wird der einheitliche Zusammenhang zwischen den zeitlich auseinanderliegenden lernwirksamen Ereignissen hergestellt, so daß Spuren der früheren Geschehnisse entstehen können, die sich mit den Spuren ähnlicher Ereignisse fortlaufend verbinden[1]. Die Lernfähigkeit eines Systems ist also an dessen Speichervermögen (memory)[2] gebunden. Dann (und nur dann), wenn Erfolg und Mißerfolg früherer Aktionen und Reaktionen als Vergleichswerte vorliegen, ist Lernen und Übung denkbar[3]; die Entwicklung des Gedächtnisinhalts ermöglicht die Rückwirkung des früheren auf das zukünftige Geschehen, indem die Handlungen wiederholt werden, die sich früher bewährten und diejenigen gemieden werden, die zu Mißerfolgen führten[4].

3) Phase der Aktualisierung und Applikation: In diesen Bereich gehören Erinnerung, Wiedererkennen und Repetition, aber auch Übung, Transfer, sowie der intelligente Einsatz von Informationen und Fertigkeiten, die insgesamt Prozesse dar-

---

1) Gradmann, Hans: Die Rückkopplung als Urprinzip der Lebensvorgänge, München 1963, S. 108/109.

2) Speichervermögen kann gleichgesetzt werden mit Gedächtnis im weitesten Sinne. Als Gedächtnis wird die Funktion bezeichnet, welche die Erhaltung der Semantik aufgenommener Informationen sicherstellt; vgl. Couffignal, Louis: Kybernetische Grundbegriffe, Baden-Baden 1962, S. 78.

3) Strnad, H.: Die Steuerung industrieller Fertigung in kybernetischer Sicht unter besonderer Berücksichtigung von Störeinflüssen, Dissertation Darmstadt 1963, S. 151.

4) Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 109.

> stellen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit neue Akquisitionsvorgänge hervorrufen. Die Phasengliederung des Lerngeschehens erweist sich hier durch Induktion von der dritten Phase (der Anwendung) auf die erste Phase (des Neulernens) als ein realitätsoffener Ansatz: Die Anwendung des Neugelernten und die Aktualisierung von gespeicherten Informationen und Reaktionsmustern führt dazu, daß bei ausreichender Aktivität des Systems die Lernprozesse nicht einschlafen[1].

Für die Darstellung von Lernvorgängen unter regelungstheoretischen Gesichtspunkten ist eine Erweiterung des Regelkreisschemas[2] erforderlich. Geht man davon aus, daß dem Regler für die Bewältigung seiner Aufgabe (permanente Realisierung von Gleichgewichtszuständen) zunächst nur ein sehr geringer Erfahrungsschatz zur Verfügung steht, so wird er bei dem Versuch, die Regelstrecke auf den gewünschten Vorzugszustand einzuregulieren, anfangs nach der Versuch- und Irrtumsmethode operieren. Da unbekannt ist, wie die Stellgrößen beschaffen sein müssen, um bei einer bestimmten Veränderung der Regelstreckenzustände den gewünschten Erfolg herbeizuführen, wählt der Regler seine Stellgrößenwerte zunächst beliebig. Aus der laufenden Beobachtung der Differenz zwischen Führungsgrößen und Regelgrößen gewinnt er Informationen über die Wirksamkeit der gewählten Stellgrößen. Die erfolgreichen Werte werden in den Erfahrungsspeicher aufgenommen.

---

1) Vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen ... a.a.O., S. 23.

2) Vgl. § 2.11 dieser Arbeit

Durch die Einführung des Erfahrungsspeichers ändert sich das Blockschaltbild in folgender Weise[1]:

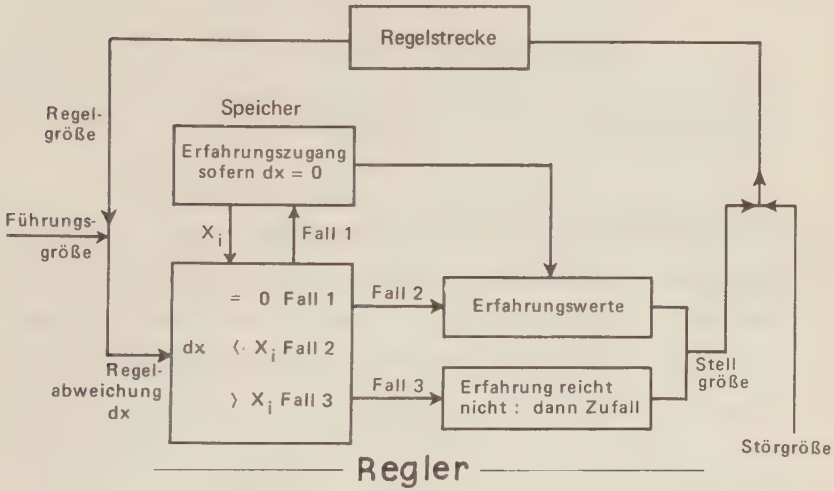

Abb. 9: Erweiterung des Regelkreises durch einen Erfahrungsspeicher

Der Regler hat jeweils an Hand der Differenz zwischen Führungsgröße und Regelgröße zu prüfen, ob

1) die Abweichung so klein geworden ist, daß die zuletzt gegebenen Werte für Stellgröße und Regelgröße in den Erfahrungsspeicher aufgenommen werden können (Fall 1: der Regler hat etwas dazugelernt);

2) die Erfahrung ausreicht (Fall 2);

3) die Abweichung einen bestimmten Wert (x_i) überschreitet, der den Erfahrungsschatz sprengt (Fall 3).

---

1) Krupp, H. J.: Der Systemcharakter der Wirtschaft, a. a. O., S. 102.

Der Regler kann (je nach Höhe der Regelabweichung) auf drei verschiedene Grundtypen von Verhaltensweisen schalten: Ergänzung der Erfahrungswerte (Fall 1), Erfahrungswerte (Fall 2) und Zufallswerte eines ultrastabilen Verhaltens (Fall 3).

§ 2.3 Aufbau- und Organisationsprinzipien zu höheren Anpassungsformen

§ 2.31 Das Phänomen Organisation

Geht man aus von einem beliebigen System, das nicht unbedingt aus homogenen Elementen zu bestehen braucht[1], so wird man sagen können, daß jedes Systemelement im Laufe der Existenz beziehungsweise im Prozeß der Tätigkeit dieses Systems eine gewisse Menge von Zuständen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeitsverteilung annehmen kann. Wenn alle Elemente vereinzelt (also unabhängig voneinander) existieren, und der Zustand eines Elementes in keiner Weise auf die Zustände der übrigen Elemente einwirkt (wenn also alle Elemente unabhängig voneinander sind), so befindet sich das Gesamtsystem in einem Zustand höchster Ungeordnetheit, den man intuitiv als Chaos bezeichnet; der andere Grenzfall läge vor, wenn der Zustand jedes Elementes eindeutig den Zustand aller übrigen Elemente bestimmt[2].

In der informationstheoretischen Terminologie wird das Maß der Zustandwahrscheinlichkeit als Entropie bezeichnet[3]. Die Entropie

---

1) Ein solches beliebiges System kann beispielsweise die Gesamtheit von Molekülen eines physikalischen Körpers, eine Ansammlung von Zellen im Gewebe eines lebenden Organismus, ein Mechanismus aus untereinander fest verbundenen Körpern oder auch ein soziales Kollektiv sein; vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 88.

2) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 88.

3) Vgl. § 1.42 und § 1.43 dieser Arbeit.

einer Menge von Zuständen für die Elemente X_i eines Systems berechnet sich wie folgt:

$$(14) \quad H_i(X_i) = -\sum_{k=1}^{n} p_{ik} \log p_{ik}$$

wobei $k = 1, 2 \ldots\ldots n$ die Zahl der möglichen Zustände des Elementes X_i ist und p_{ik} die Wahrscheinlichkeit für das Element X_i, sich im Zustand k zu befinden[1].

Für die Berechnung der Entropie des Gesamtsystems ist davon auszugehen, daß im Falle der völligen Unabhängigkeit der Elemente (maximal unorganisiertes System) die Gesamt-Entropie maximal und gleich der Summe der Entropien der Einzelelemente ist. Dementsprechend gilt für ein System mit zwei Elementen[2]:

$$(15) \quad H_o(X_1 X_2) = H(X_1) + H(X_2)$$

Wenn sich im System Zusammenhänge und gegenseitige Beeinflussungen der Elemente herausbilden (wenn das System sich organisiert), so wird die Gesamt-Entropie kleiner als die Summe der Entropie der Elemente, weil praktisch durch die Organisation das Gesetz von der Zunahme der Entropie umgekehrt wird. In Übereinstimmung mit (10) und (11)[3] ergibt sich[4]:

---

1) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 89.

2) Bei unabhängigen Ereignissen ist die Entropie für das Schema von zusammengesetzten Ereignissen gleich der Summe der Entropien der elementaren Ereignisse: H(AB) = H(A) + H(B); die Entropie ist additiv (Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 72/73).

3) Vgl. dazu § 1.43 dieser Arbeit.

4) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 89.

$$(16) \quad H_1(X_1X_2) = H(X_1) + H(X_2/X_1)$$
$$= H(X_2) + H(X_1/X_2)$$
$$\leqq H(X_1) + H(X_2)$$

Infolge der Organisierung des Systems verringert sich die Entropie H_1 des Systems im Vergleich zur maximalen Entropie H_o (bei völliger Unorganisiertheit). Diese Verringerung kann als qualitatives Maß für die Stufe der Organisiertheit d des Systems dienen[1]:

$$(17) \quad d = H_o - H_1$$
$$= H(X_1) + H(X_2) - H_1(X_1X_2)$$

oder entsprechend Formel (13)

$$(18) \quad d = H(X_1) - H(X_1/X_2)$$
$$= H(X_2) - H(X_2/X_1)$$
$$= H_1(X_1X_2) - H(X_2/X_1) - H(X_1/X_2)$$

Damit gelangt man wiederum (wie im Falle der Informationsübertragung über einen gestörten Nachrichtenkanal) zum Begriff der Negentropie. Die Übertragung einer Information ist damit ein Spezialfall der Organisiertheit[1].

Die Organisation eines Systems, in der Terminologie der Informationstheorie also als Negentropie bezeichnet, ist gleichbedeutend mit der Existenz funktioneller Beziehungen zwischen den Zuständen der Elemente und dem System als Ganzem. Eine Verringerung der Organisation bedeutet, daß die Auswahl eines bestimmten Zustandes

1) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 89.

eines der Elemente die Zustände der übrigen Elemente nicht mehr eindeutig bestimmt. Jedes Element hat dann eine gewisse Freiheit in dem Sinne, daß sein Zustand zufällig und lediglich statistisch mit den Zuständen der übrigen Elemente verbunden bleibt; bei völliger Desorganisation werden alle Elemente unabhängig voneinander. Aus dieser informationstheoretischen Sicht gewinnt das Phänomen der Indeterminiertheit äußerst komplexer dynamischer Systeme eine neue Bedeutung.

Die Negentropie liefert einerseits eine Größe für eine tatsächlich (ohne Störungen) übertragene Informationsmenge in einem gestörten Nachrichtenkanal und andererseits ein logisch-theoretisches Maß für den Grad der funktionellen Abhängigkeit der Zustandswahrscheinlichkeiten der Elemente eines Systems, der gleichzeitig als Grad der Organisation eines Systems bezeichnet wird. Anders ausgedrückt: Die Übertragung einer Information ist als Spezialfall der Organisiertheit eines Systems anzusehen, und für beide gilt als Maßgröße die Negentropie. Dementsprechend ist es richtig, Organisation als negative Entropie zu bezeichnen[1].

Aus der Gleichsetzung von Organisation und negativer Entropie ist abzuleiten, daß die Übertragung von Informationen zwischen den Elementen (Kommunikation) als das erste grundlegende Prinzip der Organisation zu bezeichnen ist[2], denn ohne Kommunikation gibt es keine Ordnung, und ohne Ordnung ist keine Ganzheit denkbar[3]. Man kann die Bedeutung der Information für die Organisation eines Systems

1) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 511 und Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 13 u. S. 33.

2) Stahlmann, J.: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, a.a.O., S. 96.

3) Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 13.

dementsprechend auch umgekehrt ausdrücken durch die Frage nach der Informationsmenge, die groß genug ist, dem System in einem bestimmten Augenblick der Zukunft einen angestrebten Vorzugszustand zuzuweisen und dabei alle übrigen möglichen Zustände auszuschließen. Die Regelung von Systemen erscheint in diesem Sinne als Spezialfall der Informationsübertragung und steht auf diese Weise in direktem Zusammenhang mit dem Grad der Organisation des Systems.

Die Informationsübertragung (Kommunikation) setzt allerdings ein Beziehungsnetz zwischen den Elementen, also eine Struktur[1] voraus, die nach einem gewissen Plan aufgebaut sein und einen bestimmten Grad der Kompliziertheit haben muß[1]. Als notwendiges Strukturmerkmal gilt das Prinzip der Kreisschaltung, das als das zweite grundlegende Prinzip der Organisation zu bezeichnen ist: Die informativen Verbindungen eines zielgerichteten dynamischen Systems müssen nach dem Prinzip der Kreisschaltung (Rückkopplung) angeordnet sein, denn die Eigenschaft der Zielstrebigkeit dynamischer Systeme ist über Ursache-Wirkung-Kausalketten nicht zu erklären. Das Prinzip der Kreisschaltung läßt sich weder auf Materie noch Energie zurückführen und nimmt als Organisationsprinzip eine unabhängige Stellung ein. Die Kreisschaltung ist die einfachste Struktur aller komplexen Systeme, die sich nicht in ihre Bestandteile zerlegen lassen, ohne dabei etwas Wesentliches zu verlieren, und sie schafft qualitative Systemeigenschaften, die den Systemelementen einzeln genommen nicht zukommen.

---

1) Die Struktur schließt schon eine gewisse Information ein, die man als "vorgegebene" oder "a-priori"-Information bezeichnen müßte, (im Gegensatz zur "fließenden" Information); vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 25.

Die Ausführungen zum Phänomen der Organisation sind in dem Kernsatz zusammenzufassen, daß zur Organisation eines Systems zwei Grundprinzipien verwirklicht werden müssen:

1) Einführung einer ausreichenden Menge an Informationen, die das System aus ungeordneten in geordnete Zustände überführen kann; Information und Kommunikation sind Ausdruck für den gesamten Komplex der dynamischen Aktivität eines Systems[1].

2) Zur Übertragung der Information innerhalb des Systems ist eine Struktur erforderlich, die nach dem Prinzip der Rückkopplung aufgebaut ist; struktureller Aufbau und Schaltprinzipien stellen gewissermaßen den statischen Aspekt des Systems dar[1].

Bei undifferenzierter Betrachtung des Phänomens Organisation könnte man zu der Auffassung gelangen, daß ein indeterminierter Zusammenhang der Elementezustände als ein negatives Merkmal des Gesamtsystems anzusehen ist und daß ein Maximum an Organisiertheit (mit völlig determinierten Zuständen und Verhaltensweisen) angestrebt werden müßte. Eine derartige Argumentation übersieht jedoch, daß es in dynamischen Systemen nicht um determinierte Abläufe, sondern primär um die Erreichung von angestrebten Vorzugszuständen (Gleichgewichtslagen) geht, die Anpassungsprozesse an dynamisch wechselnde Anforderungsarten voraussetzen, welche nur auf der Basis einer gegenseitigen Durchdringung des deterministischen und indeterministischen Prinzips möglich sind[2].

---

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 88.

2) Vgl. auch § 1.3 dieser Arbeit.

§ 2.32 Funktionsteilung (System von Regelkreisen)

Steigende Komplexität eines dynamischen Systems bedeutet einerseits steigende Anpassungsfähigkeit an eine Vielzahl von wechselnden Außenwelteinflüssen und andererseits eine Aufteilung des Regelungsvorganges auf eine Vielzahl von Teilsystemen. Im Stufenbau des Organismus werden die Verhaltensweisen der Teilsysteme immer verschiedener und immer geringer im Vergleich zu den Leistungen des Gesamtorganismus: Arbeitsteilung ist mit einer zunehmenden funktionellen Differenzierung verbunden, die gleichzeitig Spezialisierung bedeutet.

Nur die Spezialisierung macht die Steigerung und Verfeinerung der Leistungen möglich, ist jedoch andererseits mit Nachteilen verbunden, weil zunehmende Differenzierung zugleich zunehmende Mechanisierung (also Aufspaltung der ursprünglichen einheitlichen Leistung in eine Summe getrennter Einzelleistungen und damit Verlust der Regulationsfähigkeit) bedeutet; indem bestimmte Teile eine Funktion mehr oder weniger ausschließlich übernehmen, geht ihre Fähigkeit der pluripotenten Anpassung zurück, weil sie nicht mehr in der Lage sind, im Bedarfsfall andere Leistungen zu übernehmen[1].

Unabhängig von den Erscheinungsformen der Arbeitsteilung, der funktionellen Differenzierung und Spezialisierung bleibt das Organisationsprinzip der Kreisschaltung bestehen und wird automatisch auf die Teilsysteme übertragen; dementsprechend muß das Gesamtsystem als ein System von Teilregelkreisen gesehen werden, die ihrerseits in vielfältiger Art und Weise (immer jedoch ebenfalls über Kreisschaltungen) miteinander verbunden sind. Als Arten von Regelkreissystemen können unterschieden werden[2]:

1) Vgl. v. Bertalanffy, L.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S. 53.

2) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 21 ff.

1) Einseitige Regelung: diese Form der Regelung umfaßt im wesentlichen nur die einfachen Rückkopplungssysteme und ist daher für die weitere Untersuchung von geringem Interesse.

2) Zweiseitige und allseitige Regelung; und zwar als

   a) Gleichordnung der Regelungsvorgänge (im allgemeinen als "Vermaschung" der Regelkreise bezeichnet);

   b) Über- und Unterordnung von Regelungsvorgängen (sogenanntes Prinzip der hierarchischen Ordnung);

3) Sonderfall: Gegeneinander wirkende Regelkreise[1].

An die funktionelle Differenzierung komplexer dynamischer Systeme schließt sich logisch-theoretisch die Koordination der verschiedenen Teilsysteme zu einer Gesamtverhaltensweise an, deren letztes Ziel das Überleben des Systems im Wechsel der Außenwelteinflüsse ist; Träger der Vereinheitlichung der Funktionen sind die verschiedenen Kommunikationssysteme des Organismus.

Neben der funktionellen Differenzierung und Koordination sind jedoch bei der Analyse des Verhaltens dynamischer Systeme noch zwei weitere Faktoren in die Betrachtung einzubeziehen: die Kategorien Raum und Zeit. So kann man beispielsweise das Zusammenwirken räumlicher und zeitlicher Ordnung im Nervensystem untersuchen, wo die Signale auf Schaltelemente verteilt werden, die in Form räumlicher Muster angeordnet sind, so daß die Projektion irgendeines Bildes, einer Verhaltensweise oder einer Assoziation entsteht. Im nächsten Moment aber lösen sich Bild, Verhaltensweise oder Assoziation wieder in die zeitliche Ordnung von Impulsfolgen auf und werden an ein anderes Teilsystem weitergeleitet. Räumliche und zeitliche Dimension gehen ineinander über beziehungsweise sie formen sogar eine komplexe Einheit

1) Im folgenden Abschnitt dieses Paragraphen werden die Fälle 2a) und 2b) näher untersucht.

im Sinne des Raum-Zeit-Kontinuums der Physiker. Dies wird besonders deutlich, wenn man sich klar macht, daß in diesem Kontinuum Verschiebungen des Zeitvektors automatisch auch zu räumlichen Strukturänderungen führen[1].

Die Gesetze, die den Aufbau nervöser Strukturen regeln, sind nur ein Spezialfall der Gesetze, die die Entstehung biologischer Strukturen im allgemeinen bestimmen. Die Verknüpfung räumlicher und zeitlicher Ordnung ist darum ein Hauptcharakteristikum der organischen Entwicklung und ein Aspekt der Entfaltung und Entstehung sichtbarer Ordnung. Man erfährt beispielsweise das Wunder einer blühenden Blume im allgemeinen als eine Aneinanderreihung statischer Eindrücke. Der Prozeß des Aufblühens und Verblühens dauert so lange, daß er nicht unmittelbar als ein dynamisches Geschehen begriffen werden kann. Wird jedoch der Prozeß durch einen Zeitraffer verkürzt, dann wird die Rolle des Zeitfaktors sofort deutlich: Das Entfalten, Sich-Enthüllen, Dehnen, Zusammenziehen der Blüte ist die Zeitwerdung eines zuerst anscheinend rein räumlichen Ereignisses[2].

Man kann die Analyse der Organismen sehr weit treiben, ohne sich darum zu kümmern, daß Organismen Prozesse oder vielmehr Produkte vieler Prozesse sind. Man kann Organe untersuchen unter der Annahme, daß sie voneinander unabhängige, statische Elemente sind; der Biologe gleicht hier dem Mathematiker, der aus einer Kurve winzige Elemente herausnimmt und sie behandelt, als wären sie dimensionslos. Man kann sogar einzelne Prozesse aus dem Organismus herauslösen und sie so behandeln, als ob sie voneinander unabhängig

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 147.

2) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 148.

und beinahe statisch wären. Alles das erklärt nur, daß die Welt der dynamischen Systeme durch Jahrhunderte hindurch beobachtet und untersucht werden konnte, ohne daß sich das Problem der zeitlichen Ordnung aufgedrängt hätte[1].

Die Existenz des Problems der Koordination und Synchronisation ergibt sich aus der Erkenntnis, daß Organismen ebensolche Zeitgestalten sind wie beispielsweise das im Film zusammengeraffte Bild vom Aufblühen einer Blume. Die Materialien, aus denen ein Organismus besteht, bewegen sich ununterbrochen entlang eines Zeit-Vektors und ergeben in endlosen Wiederholungen doch immer (oder fast immer) dasselbe Resultat: aus einer Eizelle entsteht ein vollkommener Organismus durch Entfaltung in der Zeit. Damit dieses Endprodukt mit dem Ausgangspunkt gesetzlich verknüpft ist, muß die Entfaltung nicht bloß einem genauen räumlichen, sondern auch einem zeitlichen Plan folgen. Die Bedeutung des zeitlichen Planes leuchtet um so mehr ein, wenn man sich vergegenwärtigt, daß ein Organismus ja aus vielen Einzelteilen besteht, die aus verschiedenen Materialien gebildet werden, welche selbst wieder durch Differenzierungsprozesse aus der Eizelle entstehen. Dieses komplizierte Ineinander von Prozessen muß aber so synchronisiert sein, daß zu jedem Zeitpunkt das Produkt immer nur ein und derselbe Organismus in seinen verschiedenen Stadien der Verwandlung ist. Da sich zeitliche Ordnung durch die Geschwindigkeit und den Rythmus von Prozessen ausdrückt, müssen Geschwindigkeit und Rythmus der Lebensprozesse eines Organismus in der oben dargestellten Weise synchronisiert sein[2].

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 148.

2) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 149/150.

§ 2.33 Verbindung der Regelkreise

§ 2.331 Gleichordnung (Vermaschung)

Die verschiedenen Arten der Vermaschung von Regelkreisen[1] können wie folgt klassifiziert werden:

1) Regelkreise mit gemeinsamer Regelgröße und
   a) verschiedenen Rezeptoren: Ein Regelsystem mit zwei oder mehr Meßwerken, die auf den gleichen Regler einwirken;
   b) verschiedenen Reglern: Die gleiche Regelabweichung kann mehrere Regler zu unterschiedlichen Stellgrößen veranlassen, wobei die Stellgrößen sich entweder in ihren Wirkungen summieren oder im Notfall sich auch vertreten können;
   c) verschiedenen Effektoren.
2) Regelkreise mit einem gemeinsamen Regler

Im Fall 2) sind mehrere Regelkreise über einen Regler vermascht. Während Regelkreise mit gemeinsamer Regelgröße (also mit einem gemeinsamen Ziel) im allgemeinen einander unterstützen und vertreten können, werden Regelkreise, die nur den Regler gemeinsam haben (die also mit den gleichen Mitteln verschiedene Ziele verfolgen) leicht miteinander in Konflikt geraten[2].

Die Wirkung der Vermaschung kann am Beispiel der Arbeitsverteilung im Bienenstock erläutert werden, die außerordentlich perfekt funktioniert, ohne daß eine übergeordnete Leitung vorhanden ist: Die Tätigkeit der einzelnen Biene ist zunächst einmal je nach Lebensalter festgelegt; in diesem Sinne beruht die Ordnung im Bienenstock

---

1) Die Vermaschung von Regelkreisen ist mit Hilfe der bereits erwähnten Servomechanismus-Theorie auch mathematisch darzustellen; vgl.: Thiel, R.: Zur mathematisch-kybernetischen Erfassung ... a.a.O., S. 889 ff.

2) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 97/98.

auf einem gesetzmäßig festgelegten, starren Instinktverhalten, das als Steuerung bezeichnet werden könnte. Darüber hinaus wird die Arbeitsverteilung durch eine einfache Regelung bestimmt: Geht man davon aus, daß sich die Tätigkeiten (vereinfacht) in Stocktätigkeit und Sammeltätigkeit gliedern, so wird sich immer ein Gleichgewicht zwischen diesen beiden Tätigkeiten herausbilden, indem die einzelnen Bienen (ohne übergeordnete Leitung) auf Nahrungsmangel mit Sammeltätigkeit und auf erhöhtes Futterangebot mit Stocktätigkeit reagieren. Es liegt hier eine Vermaschung von einfachen, nur zweistufigen Regelkreisen[1] vor, die bewirkt, daß der Erfolg der Sammeltätigkeit die künftige Stocktätigkeit regelt. Das bedeutet: Die Ordnung der Arbeitsverteilung wird (durch Festlegung der einzelnen Tätigkeiten je nach Lebensalter der Bienen) zunächst in groben Zügen gesteuert, zusätzlich aber (zur feineren Abstimmung auf die Bedürfnisse) auch noch geregelt[2].

Die Regelkreise der einzelnen Bienen sind verhältnismäßig einfach; sie werden als zweistufig bezeichnet, weil sie lediglich darüber entscheiden, ob eine von zwei Tätigkeiten ausgeführt wird oder nicht. Darüber hinaus sind die Regelkreise der Bienen, die verschiedene Tätigkeiten übernommen haben, kaum miteinander vermascht; es bildet sich lediglich ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Tätigkeiten, und dieses Gleichgewicht genügt vollkommen zur Herstellung der notwendigen Ordnung, die man sich allerdings auch nicht übertrieben vorstellen darf[3].

Bei der Analyse der Regelungseinrichtungen höherer Lebewesen wird man feststellen, daß die einzelne Regelung selten nur zweistufig,

---

1) Zum Begriff der Stufenfunktion vgl. § 2.22 dieser Arbeit.

2) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 101.

3) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 101.

sondern fast immer fein kontinuierlich abgestuft ist. Das hat zur Folge, daß die Vermaschung zweier Regelkreise nicht nur zur Ausschaltung des einen oder anderen, sondern auch zu einem Gleichgewicht zwischen den beiden und damit zu einem Ausgleich zwischen den verschiedenen Tendenzen führen kann. Viel wichtiger aber ist, daß bei der Vermaschung mehrerer Regelkreise ein Gleichgewicht zwischen den Beteiligten dergestalt zustandekommen muß, daß Regelkreise mit gemeinsamer Regelgröße einander vertreten können: Ist der eine Regelkreis durch einander widersprechende Aufgaben seines Reglers behindert, so setzt sich automatisch der andere mehr ein, bis der betreffende Sollwert erreicht ist (Beispiele: Wärme- und Blutdruckregelungen)[1]. Umgekehrt ausgedrückt: Regelkreise mit einem gemeinsamen Effektor können einander ausweichen, indem derjenige Regelkreis, dessen Ziel durch einen anderen Effektor erreicht werden kann, automatisch zurücktritt und dem anderen den gemeinsamen Effektor mehr oder weniger vollkommen überläßt. Es muß bei der Vermaschung mehrerer Regelkreise zu einem Gleichgewicht kommen, bei dem die Summe der Abweichungen vom Sollwert zu einem Minimum wird[1].

§ 2.332 Hierarchische Ordnung

Dem Phänomen der Vermaschung von Regelkreisen fehlt eine wesentliche Eigenschaft, welche die Funktion höherer und höchster Organisationsformen kennzeichnet: eine im Laufe der Höherentwicklung der Organismen zunehmende vertikale Ordnung der Systemelemente und -abläufe, die man als Stufenbau der Organisation oder Prinzip der

1) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 103.

hierarchischen Ordnung bezeichnet; dieser Stufenbau basiert zunächst ebenfalls auf einer Verknüpfung von Regelkreisen, wobei nunmehr jedoch ein Regelkreis dem anderen der Struktur nach untergeordnet wird und nicht nur untergeordnete Bedeutung nat[1]. Innerhalb des Prinzips der hierarchischen Ordnung sind folgende Erscheinungsformen zu unterscheiden[2]:

1) Teilungshierarchie (morphologische Hierarchie der Elemente);
2) hierarchische Ausgliederung;
3) Hierarchie der Prozesse (System vielfach ineinandergreifender Hierarchien, die entweder mit der morphologischen Hierarchie der Elemente übereinstimmen können oder nicht).

Im Rahmen einer kybernetischen Analyse steht selbstverständlich die Hierarchie der Prozesse im Vordergrund des Interesses, denn für die Kybernetik ist eine Gestaltungslehre (Morphologie) nur von sekundärer Bedeutung, während das Schwergewicht auf der Erklärung der Austauschvorgänge und Kommunikationsvorgänge innerhalb eines Systems und zu anderen Systemen liegt[3].

Regelungstheoretisch wird das Prinzip der hierarchischen Ordnung durch eine vertikale Verknüpfung von Regelkreisen realisiert: Ein Regelkreis steuert die Tätigkeit eines anderen und macht ihn dadurch von sich abhängig, indem der steuernde Regelkreis in dem gesteuerten Kreis eine Regelabweichung hervorruft, die dieser dann korrigieren muß. Für die Entstehung der Regelabweichung sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden[4]:

---

1) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 103.
2) Vgl. v. Bertalanffy, G.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S. 46 ff.
3) Vgl. Adam, A.: Industrielle Systemforschung, a.a.O., S. 110/111.
4) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 104 ff.

1) Veränderung des Istwertes durch den übergeordneten Regler;

2) Veränderung des Sollwertes durch den übergeordneten Regler.

Ein Beispiel zu Fall 1): Die Wärmeregelung des Bienenstockes wird einerseits durch bestimmte Arbeiterinnen vollzogen, die zur Abkühlung Wasser im Stock fein verteilen und zur Verdunstung bringen. Auf der anderen Seite steht der Regelkreis der Wasserträgerinnen, die das notwendige Kühlwasser heranschaffen. Das Ergebnis des Zusammenwirkens dieser beiden Regelkreise ist eine genaue Anpassung der Tätigkeit der Wasserträgerinnen an die Bedürfnisse des Stockes. Das auffallende Merkmal dieser Anpassung ist die Tatsache, daß sich die Wasserträgerinnen nicht etwa nach der Temperatur des Stockes, sondern einzig und allein danach richten, mit welcher Lebhaftigkeit ihnen das Wasser abgenommen wird: Wird ihnen das Wasser sehr eifrig abgenommen, intensivieren sie ihre Tätigkeit, während sie andererseits ihre Tätigkeit einstellen, wenn ihnen das Wasser nicht mehr abgenommen wird. Die Einstellung der Wasserverteilerinnen auf eine bestimmte, mehr oder weniger lebhafte Tätigkeit ist die Stellgröße des Wärmeregelkreises, während man die Tätigkeit selbst als Stellstrom bezeichnen könnte. Diese Stellgröße ist zugleich die Störgröße für die Wasserträgerinnen, deren Führungsgröße die Wassersättigung des Stockes ist. Der Regelkreis der Wasserträgerinnen beseitigt also Störungen, die durch die Tätigkeit des übergeordneten Regelkreises der Wasserverteilerinnen entstehen und ermöglicht dadurch den Fortgang der Tätigkeit; er richtet sich nach dem Bedarf des übergeordneten Regelkreises und wird daher als Bedarfsregler[1] bezeichnet.

---

1) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a. a. O., S. 104.

Solche Bedarfsregler sind bei den höheren Organismen weit verbreitet als Mittel, die verschiedenen Funktionen in Einklang zu bringen und zu koordinieren. Ihr Prinzip ist einfach und klar: Immer schafft der Regler des einen Regelkreises durch seine Tätigkeit ein gewisses Bedürfnis; indem ein anderer Regelkreis dieses Bedürfnis als Regelgröße annimmt, sorgt er für die Befriedigung dieses Bedürfnisses. Natürlich bilden die Bedarfsregler keine besondere Gruppe von Reglern; vielmehr kann fast jeder Regler als Bedarfsregler einem übergeordneten Regler folgen und selbst wieder untergeordnete Regler als Bedarfsregler in Tätigkeit setzen[1].

Beispiel zur Veränderung des Sollwertes durch einen übergeordneten Regler (Fall 2): Die Muskelspindeln (als übergeordneter Regelkreis), deren Kontraktion durch einen besonderen Regelkreis gelenkt wird, bestimmen durch die Größe dieser Kontraktion den Sollwert für die Muskeltätigkeit (untergeordneter Regelkreis). Dieser untergeordnete Regelkreis bewirkt dann, daß der Muskel sich automatisch so lange kontrahiert, bis eine weitgehende Entspannung der Spindeln erreicht ist. Hier liegt also folgendes Prinzip zugrunde: Der übergeordnete Regelkreis muß seinen Regler so lange einsetzen, bis er mit Hilfe des untergeordneten Reglers zum Ziele gelangt ist. Der untergeordnete Regler, der sich den Sollwert vorschreiben läßt, wird damit zum Folgeregler[2].

Die Hierarchie der Prozesse ist weitaus freizügiger und vielfältiger als die morphologische Gliederung; sie kann mit der letzteren übereinstimmen, muß es aber keineswegs. So können beispielsweise bestimmte Teilsysteme (etwa die Hauptmasse des Gewebes der Bauch-

1) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 105.

2) Vgl. Gradmann, H.: Die Rückkopplung, a.a.O., S. 106.

speicheldrüse und ihre Inselzellen) im Hinblick auf eine organische Relation ein höheres Teilsystem (hier also das Organ "Bauchspeicheldrüse") bilden. Gleichzeitig aber kann eines der Teilsysteme in einer ganz anderen Relation mit einem ganz anderen Teilsystem zusammengehen (beispielsweise die Inselzellen mit der Leber, die durch das Insulin zur Zuckerausschüttung ins Blut veranlaßt wird), um mit diesem ein funktionelles System höherer Ordnung zu bilden[1].

Dieses Moment ist von größter Wichtigkeit, denn daraus folgt, daß es "Organe" gibt, die nicht als Elemente einer morphologischen Systemstruktur, sondern als Teile organismischer Verhaltensstrukturen anzusehen sind. Bei der Beschreibung der Organisation von Systemen wird man sich daher nicht nur vom morphologischen Aufbau leiten lassen dürfen, sondern darüber hinaus auf ein Denken in funktionellen Systemen einstellen müssen, wobei zu beachten ist, daß derartige Leistungssysteme (beispielsweise der Knochen, Muskeln und Innervierung) nur im Zusammenhang verständlich sind[2].

Hierarchische Ordnung als Stufenbau von Leistungssystemen bedeutet, daß die einzelnen Verhaltensstrukturen von Organismen in Gestalt zweier sich mit der Spitze berührender Pyramiden gesehen werden können, wobei die eine der beiden Pyramiden die Wahrnehmungsstruktur (regelungstheoretisch: die Rezeptoren), die andere dagegen die Hierarchie der Tätigkeiten (regelungstheoretisch: die Informationsverarbeitung und die Effektoren) enthält. Wendet man dieses Bild beispielsweise auf den Bewegungsapparat niederer Wirbeltiere an, so findet man an den Basen der Pyramiden einerseits die elementaren Sinneswahrnehmungen, andererseits die Kontrak-

1) Vgl. v. Bertalanffy, L.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S. 50/51.

2) Vgl. v. Bertalanffy, L.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S.51.

tionen individueller Muskelelemente. Jede dieser Einheiten niederster Ordnung ist Bestandteil einer allgemeineren Bewegungs- oder Wahrnehmungsstruktur, die ihrerseits Teil noch allgemeinerer Leistungen sind, bis man zu den höchsten Koordinationszentren gelangt, von denen zentrale Handlungen und "Stimmungen"[1] ausgehen.

Bei der Koordination der einzelnen motorischen Elemente in der Ortsbewegung niederer Wirbeltiere unterscheidet Weiss[2] folgende Ebenen der Koordination (mit der niedersten beginnend)[3]:

1) Ebene der individuellen motorischen Einheiten;
2) alle motorischen Einheiten, die zu einem Muskel gehören;
3) koordinierte Funktionen von Muskelgruppen in Bezug auf ein einziges Gelenk;
4) koordinierte Bewegungen eines Gliedes als Ganzes;
5) koordinierte Bewegungen einer Anzahl lokomotorischer Organe;
6) Bewegungen des Tieres als Ganzes.

Immer wird die Aktivität auf niederer Ebene durch die Aktivität auf höherer Ebene bestimmt, aber die Koordination ist auf jeder Ebene relativ autonom. Die koordinierte Aktivität wird durch Meldungen von höheren Zentren gesteuert, doch innerhalb gewisser Grenzen (die von Tiergruppe zu Tiergruppe verschieden sind) läuft sie ihren eigenen Gesetzen gemäß ab. So sind die Muskelkontrak-

1) Der Begriff der "Stimmung" stammt ebenfalls aus dem biologischen Bereich und kann als eine besondere Variante des Zielbegriffes angesehen werden.

2) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 64.

3) Einen ähnlichen hierarchischen Aufbau in der Ortsbewegung von Wirbeltieren gibt Bertalanffy an; vgl. v. Bertalanffy, L.: Das biologische Weltbild, a.a.O., S. 64/65.

tionen, die eine bestimmte Bewegung der Gelenke bewirken, relativ stabile Elemente innerhalb der verschiedenen Bewegungsformen der Gliedmaßen, die sich wiederum eine relative Autonomie innerhalb allgemeinerer motorischer Leistungen wie Schwimmen, Gehen, Sich-Aufrichten (und so fort) bewahren[1].

Es ist ganz besonders wichtig hervorzuheben, daß das Prinzip der hierarchischen Ordnung in seiner wichtigsten Form der hierarchischen Organisation von funktionellen Systemen an zwei Voraussetzungen gebunden ist, die bereits im Zusammenhang mit der Darstellung des multistabilen Systems[2] von besonderer Bedeutung waren: Koordination und relative Autonomie. Als ganz besonders wichtiges Beispiel für die Koordination und relative Autonomie von über- und untergeordneten Systemen in einer Hierarchie von Prozessen ist die Zweiteilung des Nervensystems anzusehen: Auf der unteren Ebene liegen die autonomen Systeme[3], die man als vegetatives Nervensystem und als motorisches Nervensystem[4] bezeichnet. Dieser Teil des Nervensystems koordiniert die Tätigkeiten jener Organe, die anscheinend unabhängig vom Bewußtsein arbeiten. Diese Unabhängigkeit ist jedoch nur relativ, weil dieser niedere Abschnitt des Nervensystems sowohl strukturell als auch funktionell eng mit dem höheren Teil, dem zentralen Nervensystem verbunden ist. Das autonome Nervensystem besteht aus Ansammlungen von Nervenzellen, den Nervenknoten, den Ganglien, die sich in verschiedenen Teilen des Kör-

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 64/65.

2) Vgl. § 2.23 dieser Arbeit.

3) Nähere Einzelheiten findet man bei Klaus, G.: Kybernetik, ..., a.a.O., S. 364 ff.

4) Das motorische Nervensystem umfaßt jene Rückkopplungsmechanismen, die bei der Steuerung der Skelettmuskulatur mitwirken und im allgemeinen als Reflexe bezeichnet werden: Zu ihnen gehören die Antigravitationsmechanismen, die die Standfestigkeit des Körpers im Schwerefeld sichern, die Regulationen, die für die Arbeit der Rezeptoren die besten Bedingungen schaffen, sowie noch viele andere unbedingte Reflexe.

pers neben anderen Organen befinden und aus einem Netz von Fasern, die die inneren Organe durchdringen und insbesondere in das Rückenmark eindringen. Das zentrale Nervensystem besteht aus dem Gehirn, dem Rückenmark und aus einem Netz von Fasern, die von den Rezeptoren zum Gehirn und von dort über das Rückenmark zu den Effektoren führen[1].

Die Begründung für die Zweiteilung des Nervensystems ergibt sich aus recht einfachen Überlegungen: Wenn alle vegetativen und motorischen Regulierungen des menschlichen Körpers von der direkten Aufmerksamkeit des Menschen abhängen würden, indem alle damit zusammenhängenden Informationsprozesse das Gehirn beziehungsweise das Bewußtsein durchlaufen müßten, so könnte man annehmen, daß Aufmerksamkeit und Zeit einfach nicht ausreichen würden, um alle Informationen zu verarbeiten[2]. Die Regulierung dieser Größen vollzieht sich deshalb automatisch und geht meist unabhängig von den Empfindungen, vom Bewußtsein und vom Willen vonstatten. Der Mensch kann gewöhnlich nicht die Tätigkeit der Nieren, den Blutdruck, den Zuckergehalt im Blut durch einen direkten Willensakt erhöhen oder senken; Bewußtsein und Wille können einen Einfluß auf diese Größen ausüben, jedoch nicht so unmittelbar wie beispielsweise auf die Bewegung der Skelettmuskeln[3].

Aber auch die Bewegungsabläufe können nur unter weitgehender Unabhängigkeit von direkter Beeinflussung durch Gehirn und Bewußtsein vor sich gehen. So wird beispielsweise in einer relativ einfach zusammengesetzten Verhaltensform, wie sie beim Fangen eines Balles aufgebaut werden muß, ein ausgedehntes Kommunikationspro-

1) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 283/284.
2) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 137/138.
3) Vgl. Poletajew, I.A.: Kybernetik, a.a.O., S. 136/137.

gramm aktiviert, das Tausende und Abertausende von Informationsverarbeitungsvorgängen umfaßt: Der Mensch sieht auf der Ebene des Bewußtseins plötzlich einen Ball auf sich zukommen und versucht, den Ball zu fangen; mehr sickert von diesem Prozeß zunächst nicht zu seinem Bewußtsein durch. Ein universelles Abtastsystem macht den Ball aus, worauf im Gehirn ein komplizierter Satz von Induktionsschlüssen mit großer Geschwindigkeit Hypothesen über das Geschehen aufstellt und ein Entschlußsystem in Bewegung setzt. Ist der Entschluß gefaßt, wird eine unendliche Zahl motorischer Abläufe in Gang gesetzt, von denen keiner oder nur ganz wenige je das Bewußtsein erreichen[1].

Das Prinzip des Nervensystems lebender Organismen kann also folgendermaßen zusammengefaßt werden: In allen komplizierten inneren und äußeren Anpassungsvorgängen kann aufgrund natürlicher Kapazitätsbeschränkungen nur ein Bruchteil der riesigen Zahl von Informationsverarbeitungsvorgängen durch das Gehirn beziehungsweise durch das Bewußtsein bewältigt werden. Der größte Teil der Anpassungsprozesse wird daher aus der Ebene des zentralen Nervensystems auf das vegetative Nervensystem und das Feld der Reflexe verlagert und läuft dort in den betreffenden Organen mehr oder weniger unabhängig (autonom) von der höheren Nerventätigkeit ab. Es handelt sich selbstverständlich um keine völlige Autonomie, vielmehr besteht eine Verbindung zum zentralen Nervensystem, als von dort die Verhaltensstrukturen in ihrer grundsätzlichen Form festgelegt sind; in diesem Sinne sind die Abläufe in den vegetativen und motorischen Nervensystemen als zentral gesteuert (oder zentrale Mechanismen) zu bezeichnen.

---

1) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 35/36.

Man begegnet der Verlagerung von Leistungsstrukturen in automatische Bereiche des Nervensystems beispielsweise auch beim sogenannten "motorischen Lernen", also bei der Erwerbung bestimmter motorischer Fähigkeiten, wie Radfahren, Klavierspielen, Jonglieren. Zuerst erfordern diese Leistungen ständige Kontrolle durch das Bewußtsein und die Sinnesorgane. Im Zustand der Perfektion ist jedoch der Ablauf der motorischen Bewegungen zentral gesteuert und mehr oder weniger automatisch kontrolliert. Ein Klaviervirtuose vermag beispielsweise dreißig bis fünfzig Anschläge pro Sekunde auszuführen, was eine ganz bestimmte Ordnung von Fingerbewegungen erfordert. Die Aufeinanderfolge der Fingerbewegungen ist selbst für die optische Reaktionszeit zu kurz und kann deshalb nicht durch einen Reflexbogen zwischen Auge und Hand gesteuert werden (dieser Mechanismus funktioniert nur bei maximal fünfzehn Anschlägen pro Sekunde), sondern muß in einem zentralen Rhythmus verankert liegen[1].

Das Phänomen der Hierarchie der Prozesse mit seinen beiden Voraussetzungen Koordination und relative Autonomie der funktionellen Systeme löst das Organisationsprinzip der hierarchischen Ordnung aus dem starren Schema eines rein morphologischen Aufbaues der Elemente. Die Strukturen werden nicht mehr so sehr unter dem Gesichtspunkt der aufbaumäßigen Zusammenfassung von Teilen zu größeren Einheiten gesehen, sondern es stehen Verhaltensformen und -strukturen im Vordergrund. Es wird darauf abgestellt, daß jede Verhaltensform sich aus hierarchisch angeordneten Untersystemen zusammensetzt, von denen jedes seinen eigenen Automatismus besitzt, und daß jede Verhaltensform aus einem charakteristischen

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 138.

Muster miteinander koordinierter Untersysteme besteht; ändern sich die Anforderungsarten und damit die Verhaltensweisen, so ändern sich diese Muster, fallen auseinander, bauen sich wieder auf, in stetem Suchen nach der Form, die dauert[1]. Die hierarchische Ordnung gewinnt also eine dynamische Dimension: Durch das Denken in funktionellen Systemen orientiert sich die Organisation an den jeweiligen Anforderungen, die aus der Regelstrecke an das Gesamtsystem gestellt werden und erlaubt die logisch-theoretische Vorstellung, daß die Organisation des Systems in Abhängigkeit von diesen Anforderungen in jeder Sekunde neu entsteht; die Organisation eines Systems ist also nicht bloß, sondern sie geschieht und erneuert sich ständig durch die Wechselwirkung zentral gesteuerter Mechanismen aufeinander[2].

---

1) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 62.

2) Vgl. Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 135.

Zweiter Teil: Die Bedeutung der Kybernetik für den system-
haften Aufbau einer Theorie der Unternehmung

§ 3 Die Überwindung der traditionellen Gleichgewichtstheorie

§ 3.1 Das Gleichgewichtsmodell der traditionellen Betriebswirtschaftslehre

Jede betriebswirtschaftlich-theoretische Analyse stellt in irgendeiner Form darauf ab, die Bedingungen betrieblicher Gleichgewichtslagen zu ergründen. Eine geschlossene Gleichgewichtskonzeption existiert bisher jedoch nur in jenem System mathematischer Modelle, die unter dem Sammelbegriff Preis- und Kostentheorie[1] zusammengefaßt und durch eine mehr oder weniger geschickt zusammengefügte Kasuistik der übrigen betriebswirtschaftlich relevanten Phänomene (Substanzerhaltung, Bilanztheorien, finanzielles Gleichgewicht, Wert der Unternehmung als Ganzes usw.) ergänzt werden.

Das traditionelle Gleichgewichtsmodell basiert auf der Fiktion des homo oeconomicus als einer speziellen Interpretation der Mittel-Zweck-Relation des Rationalprinzips und geht dementsprechend von folgenden Voraussetzungen aus[2]:

1) Der Unternehmer orientiert sich bei seinen Entscheidungen an der starren Zielsetzung des erwerbswirtschaftlichen Prinzips.

2) Es werden statische Bedingungen angenommen, so daß der Entscheidungsträger

   a) unter vollkommener Information entscheidet;

   b) alle Variablen des Entscheidungsproblems kontrolliert.

---

1) Vgl. beispielsweise Angermann, A.: Gleichgewichtskalkulation, Meisenheim/Glan, 1952; Gutenberg, Erich: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band I und II, Berlin-Göttingen-Heidelberg, diverse Auflagen.

2) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion der Unternehmung, in: Festschrift für Erich Gutenberg, Wiesbaden 1962, a.a.O., S. 9 ff.

3) Die Unternehmung wird als Entscheidungseinheit angesehen, in welcher nur der Unternehmer rational entscheiden kann und Wille von Unternehmer und Unternehmung identisch sind; das bedeutet, daß

   a) der Produktionsfaktor Arbeit rein technisch gesehen wird und sich völlig willenlos und passiv verhält;

   b) keine Zielkonflikte innerhalb der Unternehmung aufgrund unterschiedlicher Präferenzstrukturen innerhalb des Produktionsfaktors Arbeit existieren;

   c) objektive und subjektive Begrenzungsfaktoren der Rationalität von Entscheidungsträgern nicht berücksichtigt zu werden brauchen;

   d) keine Reibungsverluste durch die Notwendigkeit der Bildung einer Kommunikationsstruktur entstehen.

Das Problem der Organisation wird neutralisiert[1], weil angenommen wird, daß die Organisation vollkommen funktioniert; dementsprechend können auch von der Organisation keine Rückwirkungen auf die Zielsetzung der Unternehmung ausgehen.

In einem solchen Modell handelt der Entscheidungsträger objektiv rational, weil einerseits die Zielsetzung fest vorgegeben ist und andererseits vollkommene Informationen vorliegen; wird darüber hinaus das erwerbswirtschaftliche Prinzip als Maximierung der Rentabilität interpretiert, liegt sogar eine objektiv rationale Zielsetzung vor. Da es ausschließlich um die Maximierung von Quantitäten geht, liegen dem Betriebsprozess nur Sachgüter- und Geldströme (in einem Pseudokreislauf) zugrunde, die durch Ursache-Wirkung-Beziehungen beschrieben werden können.

Unter den oben dargestellten Prämissen unternehmerischen Verhaltens ist selbstverständlich eine kybernetische Analyse des Systems

1) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, in: ZfhF 1959, S. 240.

"Unternehmung" völlig sinnlos. Eine Untersuchung, der ein statisches Entscheidungsmodell mit starrer Zielsetzung und vollkommener Information zugrundeliegt, und die darüberhinaus als Entscheidungseinheit handelt, enthält keinen kybernetischen Ansatzpunkt: Die organisationstheoretische Komponente fehlt vollkommen, weil die Existenz von aktiven Teilsystemen ignoriert wird, und die Informationsverarbeitungsvorgänge, deren Grundlage die Varietät des Reglers ist, werden uninteressant, weil das System unter den genannten Voraussetzungen nur streng determiniert reagieren kann und muß.

Eine moderne Unternehmungstheorie, die das soziale System "Unternehmung" als Ganzheit erfassen will, muß die Prämissen des traditionellen Gleichgewichtsmodells aufheben und von einem völlig neuen Ansatz ausgehen, indem sie die Formalprinzipien und allgemeinen Gesetzmäßigkeiten dynamischer Systeme in den betriebswirtschaftlichen Bereich überträgt und in diesem Sinne die Unternehmung als "organismusähnliches Gebilde"[1] betrachtet. Im kybernetischen Kontext ist die Unternehmung ein offenes, zielgerichtetes, äußerst komplexes, indeterminiertes dynamisches System[2], dessen Existenz und Funktion einerseits auf einer materiellen Substanz, andererseits jedoch auf Informationsverarbeitungsvorgängen beruht, wobei man auf der Ebene der Information für eine Theorie der Unternehmung unterscheiden muß zwischen rein berichtender Information, Zielbestimmungsinformationen und Lenkungsinformationen[3].

---

1) Vgl. Hasenack, W.: Stichwort "Kategorien betriebliche", a.a.O., Sp. 3097; ähnlich Kalscheuer, Hans D.: Integrierte Datenverarbeitungssysteme für die Unternehmungsführung, Berlin 1967, S. 55.

2) Vgl. Nürck, R.: Steuerung, Regelung, Kybernetik, Wirtschaftskybernetik, in: BFuP 1965, S. 335/336.

3) Vgl. Sauter, B.: Die Bedeutung der Kybernetik, a.a.O., S. 80/81.

Aus der Aufhebung der drei Prämissen der traditionellen Betriebswirtschaftslehre ergeben sich verschiedene Konsequenzen, die in den folgenden Punkten zusammenzufassen sind:

1) Die Zielsetzung des erwerbswirtschaftlichen Prinzips wird nicht mehr als die alleinmögliche Zielsetzung angesehen, weil bei Aufhebung der Fiktion des homo oeconomicus

   a) die Unternehmer den Gewinn (oder die Rentabilität) gar nicht maximieren wollen;

   b) die Unternehmer den Gewinn (oder die Rentabilität) gar nicht maximieren können;

   c) die Unternehmung keine Entscheidungseinheit bildet, so daß gar nicht von einer gegebenen Zielsetzung ausgegangen werden kann[1].

   In einer realitätsbezogenen Unternehmungstheorie müssen grundsätzlich alle (positiven) Zielsetzungen Platz haben, wobei das Überleben des Systems allen denkbaren Zielsetzungen übergeordnet ist.

2) Das Gleichgewicht einer Unternehmung läßt sich nicht in einer einzigen Größe fixieren, sondern besteht aus einem ganzen Komplex interdependenter Faktoren. Dementsprechend muß eine moderne Unternehmungstheorie auf einer Ganzheitsbetrachtung basieren. Dabei ist der Zustand der Unternehmung als die Addition der Zustände ihrer Teilregelstrecken anzusehen, und die dynamische Entwicklung dieser Zustände beschreibt das Verhalten des Systems[2].

---

1) Die Berichtigung der Zielsetzung des traditionellen Gleichgewichtmodells in diesem Sinne ist Gegenstand von § 3.2 dieser Arbeit.

2) Als typische Beispiele für eine ganzheitliche Betrachtung können die Analyse der Gründung, der Stillegung und des Gesamtwertes einer Unternehmung genannt werden.

3) Zwar bleibt das Rationalprinzip auch nach Aufhebung der Prämissen des traditionellen Gleichgewichtsmodells die generelle Handlungsmaxime, doch kann nunmehr keine objektive Rationalität mehr angenommen werden, weil

   a) wegen der unterschiedlichen Präferenzstrukturen der Organisationsmitglieder keine einheitliche Zielsetzung mehr existiert;

   b) wegen der Unvollkommenheit der Informationen subjektive Bewertungen der verschiedenen Handlungsalternativen erforderlich sind.

4) Eine moderne Unternehmungstheorie ist nur in Form einer Synthese zwischen betriebswirtschaftlicher Regelungstheorie (Entscheidungstheorie) und moderner Organisationstheorie denkbar; der Entscheidungsprozeß wird nicht mehr als Objekt einer Entscheidungseinheit, sondern als komplexes Phänomen betrachtet, das sich aus vielen Komponenten zusammensetzt und auf eine Vielzahl von Entscheidungsträgern verteilt wird.

Versuche zur Entwicklung einer Theorie der Unternehmung im obengenannten Sinne sind durchaus nicht neu. Der Vorteil der vorliegenden Konzeption gegenüber anderen Arbeiten liegt im kybernetischen Ansatz: Aus der Kybernetik, die sowohl eine Theorie der möglichen Verhaltensweisen dynamischer Systeme als auch eine Theorie des Zusammenhangs dynamischer Systeme mit ihren Teilsystemen ist, ergibt sich ein direkter Ansatzpunkt zu einer Synthese zwischen Entscheidungstheorie und Organisationstheorie, welche die Eckpfeiler einer Unternehmungstheorie bilden.

Betrachtet man die Übertragung der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten und Formalprinzipien der Kybernetik auf die Unternehmung unter dem Gesichtspunkt der in einem sozialen System zusammengefaßten Elemente, so wird man feststellen müssen, daß im Gegensatz zum lebenden Organismus im sozialen System "Unternehmung" sehr heterogene Arten von Elementen koordiniert sind. In der traditionellen Betriebswirtschaftslehre begnügte man sich mit einer Klassifizierung der Elemente nach den Produktionsfaktorengruppen Werkstoff, Betriebsmittel, Arbeit und dispositiver Faktor[1]. In einer kybernetischen Analyse dagegen sind die Produktionsfaktoren Bestandteile eines dynamischen Systems, das einerseits unter einem materiellen, andererseits vor allem jedoch unter einem kommunikativen Gesichtspunkt untersucht wird. Dementsprechend kann ein Produktionsfaktor in zwei große Elementegruppen eingeordnet werden[2]:

1) Materielle Elemente (dazu gehören die Produktionsfaktoren Werkstoff und Betriebsmittel sowie Geld und Geldsurrogate);

2) Elemente, aus denen (analog dem Nervensystem der Organismen) die Kommunikationsstruktur der Unternehmung aufgebaut ist.

Obgleich die materielle Substanz unter kybernetischen Gesichtspunkten nur eine untergeordnete Rolle spielt, ist sie als Träger der Lebensfunktionen eine unabdingbare Voraussetzung für das

1) Vgl. Gutenberg, Erich: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band I: Die Produktion, Berlin-Göttingen-Heidelberg (diverse Auflagen).

2) Daraus resultiert eine entsprechende Differenzierung zwischen Sachgüterströmen (die als Ketten abgebildet werden) und Informationsflüssen (die immer als Kreisprozesse darzustellen sind); vgl. Angermann, A.: Kybernetik und betriebliche Führungslehre, a.a.O., S. 266.

Überleben des dynamischen Systems. In der Sprache einer ganzheitlich-organismischen Auffassung ausgedrückt: Ein Organismus, der unter dauernd wechselnden Umweltbedingungen lebt und überlebt, befindet sich in einem dynamischen Gleichgewicht, das als "Fließgleichgewicht" bezeichnet wird und erhält seine Lebensfunktionen im Wechsel der Bestandteile aufrecht.

Der Wechsel der Bestandteile charakterisiert jenen Sachverhalt, den man im biologischen Bereich als Stoffwechsel bezeichnet. Hier ist also die Organismusanalogie eindeutig, denn auch in der Unternehmung sind alle Elemente grundsätzlich auswechselbar, und einige Elementearten (kurzfristig gesehen der Produktionsfaktor Werkstoff, langfristig gesehen der Produktionsfaktor Betriebsmittel) sind von vornherein dazu bestimmt, ersetzt zu werden. In der Terminologie der Hasenackschen Kategorienlehre: Das System ist aus der Sicht der materiellen Substanz ein fortlaufender Kreislaufprozeß, der nur bei dauernder Regeneration der verzehrten Elemente funktionieren kann[1].

Problematischer erscheint die Organismusanalogie in der Frage, inwieweit das Fließgleichgewicht darauf basiert, daß die Substanz des Systems beim laufenden Wechsel der Elemente in ihrer quantitativen Zusammensetzung erhalten bleiben muß: Im organischen Bereich wird man davon ausgehen können, daß das System auch dann überleben kann, wenn die Quantität der Substanz weit unter ein "normales" Niveau absinkt[2]. Ob eine derartige quantitative Minderausstattung auch für die Unternehmung zulässig ist, erscheint frag-

1) Hasenack, W.: Kategorien betriebliche, a.a.O., Sp. 3096/3098.

2) Andererseits ist festzustellen, daß in den frühen Stadien des Lebens Wachstumsprozesse erforderlich sind, die eindeutig auf einer Vermehrung der Substanz beruhen.

lich, wie überhaupt zum Problem der Kapital- und Substanzerhaltung in der Literatur sehr unterschiedliche Standpunkte vertreten werden[1].

Auf jeden Fall bedarf die Organismusanalogie im Zusammenhang mit der Substanzerhaltung einer Ergänzung, und zwar aus folgenden Gründen:

1) Die Materie des lebenden Organismus besteht lediglich aus einer Ansammlung von Zellen und Zellverbänden, die aus ökonomischer Sicht völlig wertlos sind. Demgegenüber sind in der materiellen Substanz der Unternehmung wirtschaftliche Werte enthalten; im ökonomischen Bereich ist also die Substanz nicht nur Träger der Lebensfunktionen, sondern stellt einen Wert an sich dar.

2) Der Wert ökonomischer Substanz liegt in seiner Höhe nicht eindeutig fest, sondern hängt unter anderem davon ab, ob und in welche Wirtschaftseinheit das einzelne Element eingegliedert und in welcher Weise es organisatorisch mit den übrigen Elementen verbunden ist. Das technisch-materielle Element unterliegt dem Gesetz, daß der Wert des Ganzen unter Umständen die Summe der Werte der einzelnen Teile übersteigen kann (ein Phänomen, das beispielsweise im steuerrechtlichen Begriff des "Teilwertes" oder auch im Gesamtwert der Unternehmung zum Ausdruck kommt).

In engem Zusammenhang mit der Kapital- und Substanzerhaltung steht die Frage des Wachstums von Unternehmungen, die in neuerer

---

1) Zu den verschiedenen Formen der Kapitalerhaltung vgl. Busse von Colbe, Walther: Stichwort "Substanzerhaltung" in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band III, Stuttgart 1960, Sp. 5310 ff.

Zeit in der Literatur ständig an Bedeutung gewinnt[1], wobei sich die besonderen Schwierigkeiten aus den geeigneten Wachstumskriterien ergeben.

Die zweite Elementengruppe umfaßt die Elemente der Kommunikationsstruktur, die wie folgt klassifiziert werden können:

1) Elemente der Informationsaufnahme und -sammlung (Elemente zur Feststellung der Regelstreckenzustände), wobei unterschieden werden kann zwischen

   a) reiner Informationsaufnahme

   b) Informationsaufnahme mit anschließendem Soll-Ist-Vergleich (Kontrollorgane aller Art)

   c) Informationsaufbereitung[2]

2) Informationsübertragende Elemente (im wesentlichen technisch bestimmter Bereich der verschiedenen Formen der Informationsübermittlung).

3) Elemente der Informationsspeicherung (sogenannte konservierende Kommunikation) durch welche (wie bei der Lagerung von Gütern) eine Überbrückung der zeitlichen Differenzen zwischen Informationsaufnahme-Informationsverarbeitung-Informationsabgabe erreicht wird. Informationsspeicherungen

---

1) Vgl. Leibenstein, Harvey: Economic Theory and Organizational Analysis, New York 1960, S. 265 ff; Wittmann, W.: Überlegungen zu einer Theorie des Unternehmungswachstums, a.a.O., S. 493ff. Brändle, R.: Unternehmungswachstum. Zur Dogmengeschichte und Methodologie der Theorie des Unternehmungswachstums, Dissertation München 1966; Heinen, E.: Das Zielsystem der Unternehmung, a.a.O., S. 122 ff und die dort angegebene Literatur .

2) Das Ergebnis der Tätigkeit dieser Elemente sind berichtende Informationen, vor allem an die informationsverarbeitenden Elemente. In vielen Fällen werden mehrere Elemente zu sogenannten Informationssammelzentren zusammengefaßt; eines der wichtigsten Sammelzentren ist das betriebliche Rechnungswesen.

können (im zeitlichen Verhältnis zur Informationsverarbeitung) als Vorspeicherungen oder Nachspeicherungen auftreten. Die technischen Formen der Speicherung reichen vom menschlichen Gedächtnis über Karteien, Registraturen und Mikrofilme bis zu elektronischen Hochleistungsspeichern[1].

4) Gesteuerte Elemente[2].

5) Regler (als informationsverarbeitende Elemente), bei denen zu unterscheiden ist zwischen

   a) Planungsträgern (Entscheidungsvorbereitung)

   b) Entscheidungsträgern

   c) Realisationsträgern (die häufig keine Regler zu sein brauchen, sondern nur einfache gesteuerte Elemente sind).

Während die Sach- und Güter"kreisläufe" des materiellen Teiles der Unternehmung als offene Steuerungsketten abgebildet werden können, ist das System der Informationsübertragungs- und Verarbeitungsvorgänge nach dem Prinzip der Kreisschaltung mit Rückkopplungsschleifen aufgebaut.

In den vier großen Elementegruppen der Kommunikationsstruktur spielen die drei Ebenen der Information (Technik, Semantik, Pragmatik) eine unterschiedliche Rolle: Informationssammlung, Informationsübertragung und Informationsspeicherung sind sowohl technisch als auch semantisch bestimmt; daraus ist zu folgern, daß in diesen Bereichen die Probleme der Störungen und der Redundanz eine be-

1) Vgl. dazu auch Albach, Horst: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 251.

2) Churchman bezeichnet die gesteuerten Elemente als "Wandler"; vgl. Churchman , C.W./Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 79.

sondere Bedeutung erlangen. Im Bereich der Informationsverarbeitung steht dann die pragmatische Ebene der Information im Mittelpunkt, weil hier nicht mehr irgendein Informationsbetrag, sondern die ganze Struktur des Elementes dessen Verhaltensweise bestimmt.

§ 3.2 Die Berichtigung der Zielsetzung der traditionellen Gleichgewichtstheorie

§ 3.21 Der Einfluß der Motivation der Wirtschaftssubjekte auf die Zielsetzung der Unternehmung

Der homo oeconomicus der traditionellen Gleichgewichtstheorie ist ein rational handelndes Wirtschaftssubjekt, weil einerseits seine Zielsetzung durch das erwerbswirtschaftliche Prinzip eindeutig vorgegeben ist, und andererseits aufgrund der Annahme vollkommener Information die Anwendung der Mittel zwangsläufig immer rational sein muß. Es ist theoretisch sogar möglich, den Maßstab der Rationalität nicht nur auf die Ziel-Mittel-Relation, sondern auch auf die Zielsetzung selbst anzuwenden; dann ist das erwerbswirtschaftliche Prinzip in der speziellen Form der Rentabilitätsmaximierung[1] zu interpretieren und dementsprechend kann von Rationalität in einem absoluten und objektiven Sinne gesprochen werden.

1) Zum Verhältnis Gewinnmaximierung/Rentabilitätsmaximierung vgl. Angermann, Adolf: Industrielle Planungsrechnung, Band I: Entscheidungsmodelle, Frankfurt/Main 1963, S. 29 ff; Pack, Ludwig: Maximierung der Rentabilität als preispolitisches Ziel, in: Festschrift für Erich Gutenberg, Wiesbaden 1962, S. 94 ff; Seelbach, H.: Entscheidungskriterien in der Wirtschaftlichkeitsrechnung, in: ZfB 1965, S. 302 ff.; Stuhr, R.: Das Rationalprinzip in Beziehung zu den Prinzipien der Rentabilitäts- und Gewinnmaximierung, in: BFuP 1965, S. 290 ff.; Vormbaum, H.: Die Zielsetzung der orientierten Betriebe, in: ZfhF 1959, S. 624 ff.; Pack, Ludwig: Rationalprinzip, Gewinnprinzip und Rentabilitätsprinzip, in: ZfB 1965, S. 525 ff.

Eine betriebswirtschaftliche Theorie, die auf der völlig starren Zielsetzung des erwerbswirtschaftlichen Prinzips aufbaut, ist jedoch unrealistisch, weil sie der breiten Skala möglicher menschlicher Motive und den daraus entspringenden Zielsetzungen keine Beachtung schenkt. Selbst wenn man davon ausgehen könnte, daß die Willensbildung (und damit die Festlegung der Zielsetzung einer Unternehmung) in einer einzigen Person vereinigt ist, müßte berücksichtigt werden, daß das Gleichgewicht des Systems nicht durch eine einzige Zielsetzung gekennzeichnet werden kann, weil auch in einem einzelnen Menschen die verschiedensten Motive gegeneinander wirken[1] und den Vorgang einer einheitlichen Willensbildung sehr schwierig machen, so daß das Ergebnis häufig nur ein Kompromiß zwischen den verschiedenen Motiven sein kann[2].

In einer modernen Unternehmungstheorie muß die starre Zielsetzung des erwerbswirtschaftlichen Prinzips aufgehoben werden, um den Weg für einen realistischen Ansatz freizumachen[3]. An die Stelle der

1) Vgl. Staerkle, R.: Der Entscheidungsprozeß in der Unternehmungsorganisation, in: Die Unternehmung 1963, S. 23.

2) Ein analoges Beispiel für die Vielschichtigkeit des Problems eines Gleichgewichtszustandes ist das berühmte "magische Dreieck" der Volkswirtschaftspolitik, das die Komponenten eines sozialen Gleichgewichts sogar noch sehr unvollkommen berücksichtigt.

3) Dem Prinzip der Gewinn- oder Rentabilitätsmaximierung stehen ohnehin rein formale Beschränkungen aus dem Bereich des betrieblichen Rechnungswesens entgegen, weil einerseits Schwierigkeiten der Interpretation des Gewinnbegriffes gegeben sind, die es unmöglich machen, dem Streben nach Maximalgewinn einen eindeutigen Inhalt zu geben, und weil andererseits ganz einfach die entsprechenden Grenzwerte nicht beschafft werden können. Während die traditionelle Betriebswirtschaftslehre auf der Infinitesimalrechnung (Pareto-Funktionen) basierte, gehen die modernen Formen der Entscheidungstheorie von linearen Funktionen (Leontieff-Funktionen) aus; vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion der Unternehmung, a.a.O., S. 18/19; Gäfgen, Gerard: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, Tübingen 1963, S. 7.

Gewinn- oder Rentabilitätsmaximierung als einziger Zielsetzung tritt die breite Skala möglicher Zielsetzungen, die von den verschiedenen Formen des Gewinn- und Rentabilitätsstrebens über Kostendeckung, Umsatz, Marktanteil, Liquidität, Substanzerhaltung, stabile Beschäftigung bis zu den nicht-monetären Zielsetzungen (Macht und Prestige, Unabhängigkeit, sozialer Friede) reichen kann[1]. Es bleibt festzustellen: Das Gleichgewicht eines sozialen Systems wird nicht durch einen einzigen Optimalzustand bestimmt, sondern setzt sich aus einem ganzen Komplex von interdependenten Zuständen zusammen[2]; dementsprechend muß die monovariable Zielsetzung der traditionellen Gleichgewichtstheorie durch ein multivariables Zielsystem[3] oder Wertsystem[4] ersetzt werden, wobei allerdings davon ausgegangen werden kann, daß das Erwerbsstreben im Zielsystem des sozialen Systems "Unternehmung" immer eine dominierende Rolle spielen wird[5].

Die verschiedenen möglichen Motive und die daraus resultierenden Zielsetzungen können nicht Gegenstand einer Theorie der Unternehmung sein, sondern sind lediglich daraufhin zu überprüfen, ob sie mit der wirtschaftlichen Realität übereinstimmen; der in der Literatur ausgetragene Streit über die verschiedenen Zielsetzungen redu-

---

1) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 16 ff.

2) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 171.

3) Vgl. Heinen, E.: Das Zielsystem der Unternehmung. Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen, Wiesbaden 1966, Vorwort; in seiner früheren Veröffentlichung zu diesem Problemkreis hatte Heinen noch den Begriff der Zielfunktion verwendet; vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 11 ff.

4) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 26 u. S. 140.

5) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 28.

ziert sich im Grunde auf diese Fragestellung. In einer kybernetisch-organismisch fundierten Theorie der Unternehmung allerdings muß davon ausgegangen werden, daß über allen individuellen Zielsetzungen einer konkreten Unternehmung eine allgemeingültige Zielsetzung steht, die in jedem Falle erfüllt werden muß: das Überleben des Systems auf lange Sicht[1].

Das Überleben des Systems auf lange Sicht steht gewissermaßen als Zielsetzung sui generis über allen individuellen Zielvorstellungen; sie ist die denkbar allgemeinste Zielformulierung und deckt alle positiven Zielsetzungen[2]. Eine verantwortungsbewußte Unternehmenspolitik muß primär darauf gerichtet sein, Katastrophen zu vermeiden, die zum Zusammenbruch des Unternehmens führen könnten. Erst dann kommen die individuellen Zielsetzungen (wie beispielsweise Gewinnerzielung) zum Tragen, deren Realisierung allerdings eine sehr wesentliche Voraussetzung für das Überleben darstellen, ohne jedoch eine Garantie dafür zu bieten, daß das System tatsächlich überlebt; andererseits können die individuellen Zielsetzungen sogar über längere Zeit unerfüllt bleiben, ohne daß die Existenz des Systems bedroht wird, wenngleich beispielsweise bei zu geringen Gewinnen die Neigung der Kapitaleigner im Zeitablauf wachsen wird, von sich aus dem Leben der Unternehmung ein Ende zu bereiten.

Katastrophenursachen aus dem Bereich der Natur, der Technik, der Politik oder der Gesamtwirtschaft können nicht Gegenstand einer Theorie der Unternehmung sein und müssen für eine einzelwirtschaftliche Analyse als Datum hingenommen werden. Dagegen gibt es innerhalb der Unternehmung selbst einen Gefahrenpunkt, der das Leben

1) Nürck, R.: Unternehmensführung - ein Regelungsproblem, in: BFuP 1960, S. 230; Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 573 u. S. 591.

2) Negative Zielsetzungen werden als pathologische Fälle von vornherein ausgeschieden, weil sie auf die Zerstörung des Systems gerichtet sind, das dadurch seinen Systemcharakter verliert und kybernetisch uninteressant wird.

des Systems direkt bedroht und zum Zusammenbruch führen kann: Eine Unternehmung kann (aus welchen Gründen auch immer) in Zahlungsschwierigkeiten geraten und zum Konkurs gezwungen werden; das ist der Fall des finanziellen Ungleichgewichts, der ein Weiterleben oder Überleben der Unternehmung unmöglich macht. In einer Unternehmungstheorie, die auf der kybernetisch-ganzheitlichen Organismus-Analogie und dem Überlebensgedanken aufbaut, muß für die Katastrophenabwehr aus dem systeminternen Bereich der Grundsatz des finanziellen Gleichgewichts an erster Stelle stehen: Ähnlich wie der lebende Organismus stets dafür sorgen muß, daß beim Stoffwechsel mindestens die Energie frei wird, die zur Deckung des Energiebedarfs im Körperhaushalt notwendig ist, muß auch die Unternehmung immer in der Lage sein, die zur Deckung der fällig werdenden kurz- und langfristigen Verbindlichkeiten notwendige Kapitalmenge bereitzustellen. Da die laufende Kapitalfreisetzung von den Unsicherheiten eines indeterminierten Absatzprozesses abhängig ist, während der Kapitalbedarf mit der gegebenen Zielsetzung mehr oder weniger determiniert entsteht, läßt sich die erforderliche Liquidität nur durch Einschaltung entsprechender Reserven erfüllen; genauso wie beim energetischen Gleichgewicht der Forderung nach Übereinstimmung des zwangsläufig anfallenden Energiebedarfs mit den probabilistisch gegebenen Bedarfsdeckungsmöglichkeiten nur mit Hilfe der Bevorratung entsprochen werden kann, so ist auch für das finanzielle Gleichgewicht eine entsprechende Reservepolitik[1] unabdingbar[2].

---

1) Vgl. § 2.11 dieser Arbeit.

2) Vgl. Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 579/580, vgl. dazu auch Grunewald, Adolph E.: Unternehmungsziele und Unternehmungserhaltung. Versuch einer neuen Gesamtkonzeption der Betriebswirtschaftslehre, in: ZfhF 1959, S. 86 ff.

§ 3.22 Die Zielsetzung bei Unvollkommenheit der Information

Läßt man die Prämisse der vollkommenen Voraussicht und Information fallen, so wird der Grundsatz der Rationalität in der wirtschaftlichen Planung und Entscheidung weiter eingeschränkt: Während im vorangegangenen Abschnitt das Rationalprinzip (durch Berücksichtigung der verschiedenen möglichen Motivationen) in seiner Zielsetzungskomponente relativiert wurde, ist im Falle der unvollkommenen Information[1] die Rationalität wirtschaftlichen Handelns auch von den Mitteln her beschränkt. Bei der Untersuchung des Einflusses der unterschiedlichen Motive auf die Zielsetzung der Unternehmung konnte noch die Frage erörtert werden, ob ein Unternehmer sich ausschließlich am erwerbswirtschaftlichen Prinzip orientieren will; demgegenüber ist unter den Bedingungen der unvollkommenen Information davon auszugehen, daß ein Unternehmen seinen Gewinn gar nicht maximieren kann[2].

Unvollkommenheit der Information hat zur Folge, daß Planungen und Entscheidungen unter Unsicherheit der Erwartungen über den zukünftigen Verlauf der Regelstreckenzustände durchgeführt werden müssen. Hinsichtlich der Erwartungsbildung über die zukünftigen Regelstreckenzustände kann folgendermaßen unterschieden werden:

1) Sichere Erwartungen (wenn die vorhandenen Informationen keinen Zweifel am Eintreten der Ereignisse aufkommen lassen);

2) Risikoerwartungen (quasisichere Erwartungen, bei denen der vorhandene Unsicherheitsfaktor durch Wahrscheinlichkeitsfunktionen herabgesetzt wird);

---

1) Dabei soll im Augenblick unberücksichtigt bleiben, ob die Unvollkommenheit der Information auf einer objektiven Unmöglichkeit der Informationsgewinnung oder auf anderen Faktoren (Mängel im Informationssystem) beruht.

2) Vgl. Albach, Horst: Wirtschaftlichkeitsrechnung bei unsicheren Erwartungen, Köln-Opladen 1959, S. 129/130.

3) Vollkommen unsichere Erwartungen (wenn die Informationen über die Regelstrecke sehr lückenhaft oder wegen der Einmaligkeit der Situation überhaupt nicht gegeben sind)[1].

Dabei kann der Verlauf der Regelstreckenzustände entweder zufallsabhängig sein oder auf zweckgerichteten Aktionen (Reaktionen) der Regelstrecke beruhen. Im zweiten Fall liegt die typische Konstellation des Interessenkonfliktes zwischen Regler und Regelstrecke vor, die dadurch gekennzeichnet ist, daß jede Handlung eines Kontrahenten von Variablen abhängt, die er nur zum Teil selbst unter Kontrolle hat, während die anderen Variablen von seinen Gegnern kontrolliert werden und der Gesamtausgang von allen Variablen abhängt. Das ist formal genau die Situation des strategischen Spieles im Sinne von Neumann/Morgenstern, wobei der Zufall in die Konzeption einbezogen werden kann, indem ihm eine eigene Interessenlage unterstellt wird.

Es bleibt festzustellen: Die Entscheidungssituation bei Unsicherheit ist formal vergleichbar der Situation der Spieltheorie; darüber hinaus besteht eine weitgehende Übereinstimmung zwischen der formalen Struktur eines mathematisch-strategischen Spieles im Sinne von Neumann/Morgenstern und der formalen Struktur eines Problems der statistischen Entscheidungstheorie; die Analogie reicht bis zur Identität, wenn bestimmte Entscheidungskriterien zugrundegelegt werden[2].

---

1) Die grenzen zwischen Risikosituationen und Unsicherheitssituation sind flüssig. Im Falle der vollkommenen Unsicherheit ist es schwierig, noch von Rationalität des Handelns zu sprechen, denn rationales Handeln setzt ein Kriterium dafür voraus, was im konkreten Fall als rational anzusehen ist. In einer Situation der Unsicherheit können jedoch weder der Zweck noch die Mittel klar und eindeutig umrissen werden, und in der Beurteilung der Mittel-Zweck-Entsprechung steht man vor einem scheinbar unlösbaren Dilemma; von rationalem Handeln kann nur bei sehr weiter Auslegung des Rationalprinzips gesprochen werden; vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 35.

2) Vgl. Menges, Günter: Das Entscheidungsproblem in der Statistik, a.a.O., S. 104/105.

Das Entscheidungskriterium[1] ist der zentrale Begriff der statistischen Entscheidungstheorie, dessen Schwierigkeiten sich aus der Tatsache ergeben, daß die statistische Entscheidungstheorie (und dementsprechend auch die Theorie der Spiele) von der Grundbedingung rationalen Verhaltens des Entscheidungsträgers ausgehen. Das Hauptproblem der statistischen Entscheidungstheorie liegt nicht so sehr in der Bewertung von Folgen (und auch nicht in den subjektiven Momenten, die dadurch vielleicht in die Rechnung hineingetragen werden), als vielmehr in der Frage, ob die bisher entwickelten Entscheidungskriterien auch die adäquaten Ausdrücke des rationalen Verhaltens sind[2].

Damit ist auch das Problem der materiellen Beurteilung der Spieltheorie von Neumann/Morgenstern angesprochen: Sieht man einmal von den recht unrealistischen Prämissen der Theorie ab, so bleibt vor allem die wichtige Frage bestehen, ob durch Anwendung des bekannten Minimax-Kriteriums in Konfliktsituationen die "beste" Lösung gefunden werden kann. Unter den Voraussetzungen der Spieltheorie handelt der Entscheidungsträger ganz sicher rational und sichert sich das "beste" Ergebnis, wenn er das Minimax-Kriterium anwendet. Es ist jedoch zweifelhaft, ob beispielsweise Napoleon im Krieg gegen die Österreicher in Italien oder Nelson in seinem Kampf

1) Es gibt eine Vielzahl von Entscheidungskriterien, mit deren Hilfe in Entscheidungssituationen unter Unsicherheit "optimale" Entscheidungen gefunden werden sollen. Aus dem großen Katalog sollen hier nur einige erwähnt werden: Minimaximierung des Risikos (Wald), Minimaximierung der Enttäuschung (Savage), Pessimismus-Optimismus-Index (Hurwicz), Shernoff-Kriterium (Prinzip des unzureichenden Grundes); vgl. Menges, G.: Das Entscheidungsproblem in der Statistik, a.a.O., S. 105.

2) Vgl. Menges, G.: Das Entscheidungsproblem in der Statistik, a.a.O., S. 105.

gegen die vereinigten Flotten des kontinentalen Europas so schnell (oder überhaupt) gewonnen hätten, wenn sie jeweils das vollkommene Spiel gegen den vollkommenen Gegner gespielt hätten[1].

Im Vergleich zu den Maximierungshypothesen des traditionellen Gleichgewichtsmodells ist das Minimax-Kriterium der Spieltheorie auf jeden Fall als realistischer anzusehen. Die Spieltheorie geht eben a priori davon aus, daß es keine vollkommene Information und dementsprechend auch keine absoluten Lösungen im Sinne irgendwelcher Maxima gibt[2]. Andererseits zeigen die obengenannten Beispiele des Verhaltens von Napoleon und Nelson im Kriege, daß das Minimax-Kriterium schlechte Ergebnisse liefert, weil es nur ein Schema für ein bestimmtes Rationalverhalten mit dem geringsten Risiko, aber auch den geringsten Erfolgschancen bietet, während es die strukturellen Eigenschaften des Entscheidungsträgers (Erfahrungen, Plus an Informationen gegenüber dem Gegner, besondere Fähigkeiten in der logischen Verknüpfung von Informationen) völlig ignoriert.

Darüber hinaus ist in diesem Zusammenhang die Frage des rationalen Verhaltens grundsätzlich zu untersuchen: Da im Falle der Unvollkommenheit der Informationen und der Unsicherheit der Erwartungen das Rationalprinzip ohnehin völlig subjektiv bestimmt ist, erübrigen sich im Grunde die Diskussionen, ob das Minimax-Kriterium als Ausdruck rationalen Verhaltens anzusehen ist. Subjektive Bestimmtheit des Rationalprinzips bedeutet, daß die Frage, ob eine Entscheidung rational ist, in die Frage nach der persönlichen Risikobereitschaft des jeweiligen Entscheidungsträgers umgewandelt wird, wobei

1) Vgl. Wiener, N.: Kybernetik, a.a.O., S. 243/244.

2) Vgl. Morgenstern, Oskar: Die Theorie der Spiele und des wirtschaftlichen Verhaltens, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft 1950, S. 116; Mandelbrot, Benoit: Der Ingenieur als Stratege. Verhaltenstheorien. Eine Definition der Kybernetik und ihre Anwendung in der Linguistik, in: Nachrichtentechnische Fachberichte 1956, S. 35; Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S.182.

die Skala des unternehmerischen Risikoverhaltens vom Verhalten des Spielers (der einen hohen Einsatz für ein Spiel mit hohen Gewinnchancen und hohen Verlustwahrscheinlichkeiten zu leisten bereit ist) bis zum Verhalten des Rentners (der keinerlei Risiko auf sich nehmen will) reichen kann[1]. Es ist jedoch zu beachten, daß auch an die Skala des Risikoverhaltens der Maßstab der Rationalität anzulegen ist. Auch bei hoher Risikobereitschaft müssen sich Gewinn- und Verlustchancen mindestens ausgleichen, und darüber hinaus hat sich eine unternehmerische Entscheidung in jedem Falle an der übergeordneten Zielsetzung des Überlebens der Unternehmung zu orientieren[2], wobei allerdings die Frage offen bleibt, ob es sichere Kriterien für das Überleben des Systems gibt. So schließt sich der Kreis der Fragestellung nach den Zielen der Unternehmung bei unvollkommener Information: Im Falle der Unsicherheit der Erwartungen darf sich die Unternehmerentscheidung nicht ausschließlich am Gewinn orientieren, sondern muß die Sicherheit der Unternehmung (als oberste und allgemeinste Zielsetzung) einbeziehen[3].

§ 3.23 Die Existenz der Organisation und ihr Einfluß auf die Zielsetzung der Unternehmung

Das traditionelle Gleichgewichtsmodell der Betriebswirtschaftslehre geht davon aus, daß die Unternehmung eine Entscheidungseinheit darstellt, in welcher nur der Unternehmer in der Lage ist, (zwangs-

1) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, ... a.a.O., S. 32.

2) Vgl. Angermann, A.: Entscheidungsmodelle, a.a.O., S. 31 ff; Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 32.

3) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 68.

läufig)[1] rationale Entscheidungen zu treffen, während die übrigen Beteiligten völlig willenlose Produktionsfaktoren sind, deren Leistung über die Entlohnung nach dem Grenzertrag der Arbeit manipuliert wird. Auf diese Weise wird das Problem der Organisation neutralisiert. Läßt man die Prämisse der Entscheidungseinheit fallen, so ergeben sich folgende Konsequenzen[2]:

1) Im Mittelpunkt der Analyse steht der echte Regelungsprozeß, der so komplex ist, daß er in eine Vielzahl von Komponenten zerlegt und auf eine entsprechende Anzahl von Elementen verteilt werden muß. Sofern die Träger der Teilprozesse zum Produktionsfaktor Arbeit gehören, ist davon auszugehen, daß sie nicht passiv, sondern "problem solvers" und "decision makers" sind, die unterschiedliche Präferenzstrukturen (Motive, Wertungen und Ziele)[3] beziehungsweise eine eigene Verhaltensrationalität besitzen; die Schaffung eines einheitlichen Zielsystems (Wertsystems) ist eine der zentralen innerbetrieblichen Gestaltungsaufgaben, denn erst dann kann aus einer Gruppe eine Organisation entstehen[4].

2) Die Zielsetzung (oder das Zielsystem) der Unternehmung kann nicht als a priori gegeben vorausgesetzt werden, son-

---

1) Aufgrund der übrigen Prämissen des Modells müssen die Entscheidungen des Unternehmers zwangsläufig objektiv rational sein.

2) Vgl. auch Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 55 ff.

3) Zur Motivation der Mitglieder einer Organisation vgl. auch Luhmann, Niklas: Funktionen und Folgen formaler Organisation, a.a.O., S. 89 ff.

4) Vgl. Gäfgen, Gerard: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 177.

dern bildet sich erst im Laufe des Umwandlungsprozesses von einer Gruppe zur Organisation und kann sich außerdem im Zeitablauf verändern[1].

Die Komplexität des Regelungsprozesses zwingt zur Aufgliederung in Teilprozesse beziehungsweise Teilregelkreise. Sofern sich in diesen Teilregelkreisen echte wirtschaftliche Entscheidungsprozesse abspielen, müssen den dazu gehörigen Funktionsträgern Entscheidungsgrundlagen an die Hand gegeben werden, die der Gesamtzielsetzung der Unternehmung entsprechen: Für den einzelnen Entscheidungsträger ist es nicht immer ohne weiteres möglich, die Konsequenzen seiner Maßnahmen im Hinblick auf die Gesamtzielsetzung (Gewinnerzielung, Substanzerhaltung, Sicherheit der Unternehmung) zu beurteilen, so daß die übergeordneten Zielsetzungen aus seiner Sicht nichtoperable Ziele sind. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, die allgemeinen Ziele der Unternehmung in speziellen Führungsgrößen für die einzelnen Regelkreise zu konkretisieren und damit dem Entscheidungsträger operable Entscheidungsgrundlagen vorzugeben, wobei in der Hierarchie von den höchsten bis zu den untersten Reglern die Ziele immer präzisierter (und nach Möglichkeit mehr und mehr in quantifizierter Form) auszuarbeiten sind. Mit anderen Worten: Das Zielsystem einer Unternehmung ist unter dem Gesichtspunkt zu betrachten, daß Ziele letztlich nicht Selbstzweck, sondern immer nur Grundlage für Entscheidungen

1) Die Abkehr von einer eindeutig definierten Zielsetzung der Unternehmung (in einer statischen Entscheidungstheorie) ist mit den Namen von Simon und March verbunden, die als die Begründer der modernen Organisationstheorie anzusehen sind; vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 55 ff. ferner: Cyert, R.M. und March, J.G.: A Behavioral Theory of the Firm, Englewood Cliffs 1963, S. 19 ff.

sein sollen. Dabei sind (von oben nach unten) zu unterscheiden:

1) Generelle Entscheidungsgrundlagen

   a) Allgemeine Entscheidungskriterien: Sicherheit der Unternehmung (Überleben des Systems auf lange Sicht), Wirtschaftlichkeit

   b) Entscheidungsgrundlagen aus der spezifischen Zielsetzung der konkreten Unternehmung: Gewinn (Rentabilität), Substanzerhaltung, Marktposition, Unabhängigkeit, sozialer Friede usw.

2) Spezielle Entscheidungsgrundlagen.

Die Klasse der speziellen Entscheidungsgrundlagen wird bestimmt durch die riesige Bandbreite konkreter Führungsgrößen für die einzelnen Teilregelkreise, wobei die Führungsgrößen den generellen Zielsetzungen entsprechen müssen[1]. Auf der oberen Ebene der Regelkreise stehen mehr globale Führungsgrößen (Stabilität der Beschäftigung, Steigerung der Produktivität .....) im Vordergrund; je weiter man in der Hierarchie nach unten gelangt, desto konkreter und strenger quantifiziert müssen die Ziele vorgegeben sein.

§ 4 Die Anpassung der Unternehmung durch individuelle Regelungsprozesse (Theorie der Verhaltensweisen)

§ 4.1 Die Übertragung des Regelkreisschemas auf das soziale System "Unternehmung"

In einer ganzheitlich-kybernetischen Theorie wird die Unternehmung als dynamisches soziales System untersucht, dessen Gleichgewichtszustände in einer ständig sich ändernden Umwelt auf fortlaufenden

1) Das Problem der Abstimmung widersprüchlicher Führungsgrößen wird weiter unten behandelt.

(passiven und aktiven) Anpassungsprozessen beruhen[1]. Diese Anpassungsprozesse basieren auf kontinuierlichen Folgen: Aktion (Reaktion) in t_o-Rückmeldung des Ergebnisses - Aktion (Reaktion) in t_1, die einen zeitlich endlosen, geschlossenen Kreislauf bilden[2]. Mit anderen Worten: Auf die betrieblichen Anpassungsprozesse wird das allgemeine Regelkreisschema übertragen, und die Ausführungen über die Regelung als Grundelement der Anpassung im ersten Teil dieser Arbeit[3] werden in die Unternehmungstheorie übernommen; dabei wird allerdings die Analogie zunächst auf den einzelnen (individuellen) Regelungsprozeß beschränkt, während die Probleme der Zerlegung und Koordination der Regelungsprozesse (Organisation kollektiver Regelungsprozesse) in § 5 dieser Arbeit gesondert behandelt werden.

Schneidet man das allgemeine Regelkreisschema auf die unternehmungstheoretische Konzeption zu, so sind folgende Komponenten des dynamischen Regelungsprozesses zu unterscheiden:

1) Regelstrecke, die durch die dynamische Wechselwirkung mit dem Regler in einen bestimmten Vorzugszustand gebracht (beziehungsweise gehalten) werden soll; der tatsächliche Zustand der Regelstrecke schlägt sich in den Regelgrößen nieder, welche die Eingangsinformationen für den Regler darstellen.

---

1) Der zentrale Begriff der "Anpassung", der in einer kybernetisch fundierten Theorie der Unternehmung eine wesentliche Rolle spielt, ist mit etwa dem gleichen Sinngehalt bereits in der Kategorienlehre von Hasenack zu finden; vgl. Hasenack, W.: Kategorien betriebliche, a.a.O., Sp. 3099/3101.

2) Vgl. Koreimann, Dieter: Kybernetik und Betriebspraxis, in: Die Unternehmung 1963, S. 146.

3) Vgl. § 2.1 dieser Arbeit.

2) Regler, der die Regelgrößen entsprechend seiner spezifischen Struktur zu Stellgrößen verarbeitet, durch welche sich die Anpassung des Systems an veränderte Datenkonstellationen vollzieht; ist der Regler aufgrund seiner Struktur in der Lage, echte Entscheidungen zu treffen, so handelt er nach dem Rationalprinzip.

3) Wertsystem des Reglers; anders ausgedrückt: die Führungsgrößen des Reglers.

Im R e g l e r spielen sich Prozesse der Informationsverarbeitung ab, wobei in diesem Falle die Ebene der pragmatischen Information gemeint ist, weil es von der Struktur des Reglers abhängt, in welcher Weise die Regelgrößen zu Stellgrößen verarbeitet werden; in diesem Sinne wird die Regelungstheorie zu einer Theorie der Verhaltensweisen der Regler.

Zur Struktur des Reglers sind folgende Anmerkungen zu machen: Die Aufgabe des Reglers besteht in der Reduktion der Varietät der Regelstrecke und in der Realisierung von Regelstreckenvorzugszuständen. Das setzt voraus, daß das Gesetz der erforderlichen Varietät erfüllt ist, daß also die Varietät des Reglers der Komplexität der Regelstrecke mindestens entspricht[1]. Mit anderen Worten: Wie kompliziert die Struktur eines Reglers sein muß, wird durch die dazugehörige Regelstrecke bestimmt. In relativ einfachen Regelungssystemen (beispielsweise der bekannten Temperaturregelung durch den Thermostaten), die nur einige wenige Variable auf bestimmte Führungsgrößen einzuregulieren haben, sind nur Rückkopplungen erster Ordnung mit einer begrenzten Anzahl determinierter Verhaltensweisen erforderlich. Für die Beeinflussung komplizierterer Regelstrecken dagegen muß der Regler eine größere

1) Vgl. Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, a.a.O., S. 22.

Varietät, also eine größere Skala von möglichen Handlungsalternativen oder Verhaltensweisen zur Verfügung haben.

Große Varietät bedeutet allerdings nicht, daß der Regler im Falle einer Regelstreckenzustandsänderung die gesamte Breite möglicher Verhaltensweisen wahllos durchprobiert. Die höheren Regler arbeiten nicht nach dem Prinzip des ultrastabilen Systems, sondern sind in der Lage, aus der Vielzahl der Lösungsmöglichkeiten diejenigen mit den größeren Erfolgsaussichten auszuwählen und deren Konsequenzen vorauszuberechnen: Einschränkung der Varietät des Reglers durch Selektion und Voraussicht[1] der Konsequenzen von Verhaltensweisen als die beiden wichtigsten Merkmale höherer Regelungsformen sind (bis heute jedenfalls) an das Bewußtsein und die Intelligenz des Menschen geknüpft, wobei die Fähigkeit der Voraussicht der Wirkungen von Regelungsmaßnahmen entweder auf Erfahrungen oder einem inneren Modell der Außenwelt beruht; allerdings bleibt trotz Einschränkung der Varietät durch intelligente Auswahl immer noch ein Rest an Varietät (Indeterminiertheit) bestehen[2].

Entsprechend dem unterschiedlichen Komplexitätsgrad in der Struktur der verschiedenen Regler kann folgende Einteilung getroffen werden:

---

1) Zum Problemkreis der Vorausberechnung von Situationsänderungen vgl. Tustin, Arnold: Das Prinzip der Rückkopplung, a.a.O., S. 44.

2) Ist das Feld der alternativen Lösungsmöglichkeiten sehr groß, kann die Durchmusterung und Auswahl sowohl qualitative als auch quantitative Schwierigkeiten bereiten; in diesem Fall kann der Einsatz von elektronischen Selektionsverstärkern (Intelligenzverstärkern) von großem Nutzen sein; vgl. Nürck, R.: Steuerung, Regelung, Kybernetik, Wirtschaftskybernetik, in: PFuP 1965, S. 340 und § 5.52 dieser Arbeit.

1) Einfache Regelungsformen (Rückkopplungen erster Ordnung): Der Regler besitzt keine Wahlmöglichkeiten zwischen alternativen Verhaltensweisen und kann dementsprechend nur determiniert reagieren[1].

2) Höhere Regelungsformen: Der Regler hat die Wahl zwischen einer mehr oder weniger großen Zahl von Alternativen, so daß er echte Entscheidungen im Sinne einer zweckgerichteten Auswahl nach dem Rationalprinzip und auf der Basis einer Voraussicht der Konsequenzen treffen kann; dabei ist zu unterscheiden zwischen

   a) Erfahrungsregelung (Rückkopplung zweiter Ordnung)

   b) Regelung mit einem inneren Modell der Außenwelt (Rückkopplung dritter Ordnung)[2].

Durch diese Unterscheidung zwischen einfachen und höheren Regelungsformen wird die Unterscheidung der traditionellen Betriebswirtschaftslehre zwischen Produktionsfaktor Arbeit und dispositivem Faktor überflüssig, ohne daß Identität zwischen den beiden Klassifikationen besteht; vielmehr wird man sagen können, daß die etwas unrealistische Trennung Produktionsfaktor Arbeit/dispositiver Faktor durch eine Einteilung ersetzt wird, die von einem ungeteilten Produktionsfaktor Arbeit ausgeht, der unterschiedlich komplexe Regelstrecken zu bewältigen hat[3].

---

1) In diesen "programmierten" Entscheidungen muß selbstverständlich die echte Entscheidung irgendwann einmal vorangegangen sein.

2) Vgl. Churchman, C.W.: Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 86.

3) Eine gewisse Übereinstimmung besteht zwischen der Einteilung einfache/höhere Regelungsformen einerseits sowie Routineentscheidungen/Führungsentscheidungen andererseits.

Die Regelstrecke wird definiert als die innere und äußere beeinflußbare Gesamtsituation des sozialen Systems "Unternehmung"[1], wobei die Skala von großer Beeinflußbarkeit (Beispiel: Nachfragesituation) bis zur völligen Unbeeinflußbarkeit (Beispiel: Rechtsordnung, Wirtschaftssystem) reichen kann. Betrachtet man dementsprechend die Anpassung der Unternehmung an die sich laufend verändernden Konstellationen in den Regelstrecken, so wird man unterscheiden können:

1) Aktive (strategische) Anpassung
2) Passive Anpassung (reine Anpassung).

In der dynamischen Wechselwirkung zwischen Regler und Regelstrecke werden also die Verhaltensweisen des Reglers in ihren Grundzügen durch den Charakter der Regelstrecke bestimmt: Ist die Möglichkeit der Beeinflussung gegeben, wird der Regler aktiv handeln; im Falle der völligen Unbeeinflußbarkeit wird die Regelstrecke zum Datum, und der Regler kann nicht mehr agieren, sondern nur noch reagieren.

Das Ziel einer modernen Unternehmungstheorie muß es sein, den Zustand des Systems ganzheitlich zu erfassen und dementsprechend auch die dynamische Entwicklung dieses Zustandes unter ganzheitlichen Gesichtspunkten zu analysieren. Demgegenüber steht die Erkenntnis, daß eine Erfassung des Gesamtzustandes der Unternehmung nur über die Analyse einer unendlich großen Zahl von interdependenten Zuständen der Teilregelstrecken möglich ist, aus deren Addition der Gesamtzustand des Systems abzuleiten ist. Um einen Überblick über den riesigen Komplex interdependenter Teilregelstrecken zu gewinnen, ist es zweckmäßig, folgende neun großen Gruppen von betrieblichen Regelstrecken zu bilden:

---

1) Vgl. Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 587.

1) System der Produktionsfaktoren (Arbeit, Betriebsmittel, Werkstoff)

2) Kombinationsprozeß der Produktionsfaktoren: Produktions- oder Verbrauchsfunktionen, qualitative Produktionsbedingungen, Produktions- oder Fertigungsprogramm, Betriebsgröße (Gesamtkapazität), Beschäftigungsgrad.

3) Standort der Unternehmung (einschließlich Standorte von Zweigbetrieben und Betriebsfilialen).

4) Finanzbereich der Unternehmung: Gewinn, Rentabilität, Liquidität, Kapitalstruktur, Kapitalgeber, Zugang zum Kapitalmarkt (Kreditbasis).

5) Unternehmungsform (einschließlich der Bindungen durch Konzernverflechtungen, langfristige Verträge und dergleichen).

6) Märkte der Unternehmung (Absatzmarkt: Stand der Nachfrage, Konkurrenzbeziehungen).

7) Wirtschaftslage: Allgemeine wirtschaftliche Lage, Situation der Branche, Wirtschaftspolitik des Staates und ihre Folgen (Notenbankpolitik, Außenhandelspolitik, Zahlungsbilanzpolitik, Steuerpolitik, Beschäftigungspolitik, Preis- und Geldwertentwicklung).

8) Rechtsordnung und Wirtschaftssystem: Staats- und Verfassungsrecht, Verwaltungsrecht, Strafrecht, Wirtschaftsrecht, Arbeits- und Sozialrecht, Urheber- und Patentrecht, Steuerrecht, Bürgerliches Recht und Handelsrecht, Gewerkschaften, Verbände, öffentliche Meinung, Wirtschaftsgesinnung.

9) Situation der Unternehmungsumwelt im weitesten Sinne: Naturgegebenheiten, politische Lage, Stand des technischen Wissens, Infrastruktur der Volkswirtschaft sowie die Kultur innerhalb des Volksraumes, zu welchem die Unternehmung gehört.

Auf die einzelnen Regelstrecken ist jeweils das Regelkreisschema anwendbar: Es werden Führungsgrößen vorgegeben, und der Regler erhält über die Regelgrößen Informationen über den Zustand der Regelstrecken, den er (im Rahmen seiner Möglichkeiten) über

die Stellgrößen in Richtung auf die Führungsgrößen zu beeinflussen versucht. Eine Sonderstellung haben in diesem Zusammenhang die drei letztgenannten Gruppen von Regelstrecken, die der aktiven Beeinflussung durch innerbetriebliche Regler weitgehend entzogen sind[1]; von ihnen gehen vielmehr Beschränkungen und Nebenbedingungen aus, die die Anpassungsprozesse innerhalb der Unternehmung beeinflussen und die von den Reglern als Daten hingenommen werden müssen, denen man sich nur passiv anpassen kann[2].

Eine sehr zentrale Position nimmt die Regelstrecke "Finanzbereich der Unternehmung" ein, weil sich logisch-theoretisch der ganze Komplex der interdependenten Zustände der Gesamtregelstrecke einer Unternehmung letzten Endes irgendwann einmal in Geldgrößen (also Kosten oder Erlösen und damit in Gewinnen) niederschlagen wird. Kosten und Erlöse werden unter diesem Gesichtspunkt zu den beiden Hauptregelgrößen der Unternehmung[3], die besonders sorgfältig beobachtet und analysiert werden müssen, wobei anzumerken ist, daß die Gewinnsituation entweder das Ergebnis der Arteigenheiten der Regelstrecken (Beschäftigungsschwankungen, Faktorpreise) oder aktiv durch Stellgrößen (beispielsweise preispolitische Maßnahmen) beeinflußt worden sein kann.

---

1) Sofern überhaupt in bestimmten Bereichen (beispielsweise Politik der Gewerkschaften, Steuerrecht, Wirtschaftsrecht) gewisse Möglichkeiten der Beeinflussung vorhanden sind, kann eine tatsächliche Wirkung nur im Falle einer überragenden Stellung der Unternehmung oder auf dem Wege über den Zusammenschluß in Verbänden erreicht werden.

2) Ein sehr wichtiges Beispiel ist der Einfluß der Besteuerung auf Struktur und Funktionen der Unternehmung; vgl. Wöhe, G.: Betriebswirtschaftliche Steuerlehre, Band I und II (erster Halbband), Berlin und Frankfurt/M. 1962/63. Der typische Fall einer passiven Anpassung ist der Wechsel der Unternehmungsform unter dem Einfluß der Steuergesetzgebung.

3) Vgl. Nürck, R.: Funktions- und strukturbedingte Regelungsmaßnahmen, a.a.O., S. 746.

Läßt man bei der Beurteilung des Gesamtgewinnes zunächst einmal die Erlösseite außer Acht und stellt nur auf die Kosten ab, so wird man feststellen, daß die Gesamtkosten das Ergebnis vieler Ursachen sind. Gutenberg[1] nennt zwar in seinem ersten Band drei große Kostendeterminanten und fünf Kosteneinflußgrößen; diese Darstellung ist jedoch unvollständig, weil sie im wesentlichen auf den Produktionsbereich abstellt und darüberhinaus wesentliche Ursachen für die Entstehung von Kosten unberücksichtigt läßt. Die Kosten werden durch folgende Faktoren bestimmt:

1) Mengengerüst der Kosten (Wertverzehr an Sachgütern, Arbeits- und Dienstleistungen), das seinerseits mitbestimmt wird durch Betriebsgröße, Beschäftigungsschwankungen und Fertigungsprogramm sowie Disproportionalitäten und schlechte Harmonisierung in der Kombination der Produktionsfaktoren aufgrund mangelnder Teilbarkeit der Produktionsfaktoren.

2) Faktorpreise (wobei außerdem darauf hinzuweisen ist, daß durch Änderungen der Faktorpreise Substitutionsbewegungen ausgelöst und dadurch indirekt wiederum die Kosten beeinflußt werden können).

3) Faktorqualitäten und Qualität der Produktionsbedingungen: In diese Kategorie fallen auch die Begrenzungsfaktoren der objektiven Rationalität betrieblicher Regelungsprozesse aufgrund der Unvollkommenheit der Informationen; die Subjektivität der Rationalität betrieblicher Entscheidungen aufgrund der Unsicherheit der Erwartungen fordert direkt dazu auf, von einem Kosteneinflußfaktor "Erwartungen" zu sprechen.

4) Nebenbedingungen aus der Umwelt der Unternehmung (unter anderem die sozialen Nebenbedingungen, denen alle betrieblichen Entscheidungen unterliegen).

5) Mangelnde Elastizität betrieblicher Anpassungsprozesse aufgrund der langfristigen Wirksamkeit struktureller Regelungsmaßnahmen, sowie Remanenzerscheinungen bei der Umkehrung vorangegangener Anpassungshandlungen.

---

1) Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band I, a.a.O., S. 228 ff.

6) Mangelnde Ausnutzung der qualitativen Kapazitäten der Produktionsfaktoren[1].

7) Notwendigkeit der Anwendung von gewinnmindernden Taktiken in allen Fällen, in denen ein angestrebtes Ziel nicht auf direktem Wege zu erreichen ist (typisches Beispiel: ruinöser Wettbewerb).

Nürck stellt zur Hauptregelgröße "Kosten" fest, daß eine erfolgversprechende Beeinflussung oder Regelung des Kostenflusses nur durch die Kenntnis des Kostenverhaltens des einzelnen Produktionsfaktors möglich ist. Dazu ist das Integral des Gesamtgeschehens in Einzelfunktionen aufzulösen, damit die monokausalen Abhängigkeiten zwischen betrieblichem Leistungsprozeß und Kostenverursachung erkennbar werden, und die komplexe Kostenregelstrecke muß nach selbständigen Teilregelstrecken analysiert werden. Inwieweit eine Unternehmung ihre optimale Kostensituation erreicht, hängt praktisch von der kostenmäßigen Beherrschung des einzelnen Produktionsfaktors ab[2]. Diese Aussage von Nürck bedarf jedoch insofern einer Ergänzung, als sie eben nur auf die direkt erkennbaren Zusammenhänge zwischen dem System der Produktionsfaktoren und den Kosten abstellt: Wie oben dargestellt, werden die Kosten auch durch Faktoren beeinflußt, die nur indirekt aus dem tatsächlichen Wertverzehr abgeleitet werden können[3], und darüberhinaus gibt es Kosten (Kosten einer schlechten Organisation, einer mangelhaften Ausnutzung der qualitativen Kapazitäten von Produktionsfaktoren), die praktisch überhaupt nicht erfaßbar sind und daher auch nicht ohne weiteres sichtbar werden.

---

1) Vgl. Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band I, a.a.O., S. 298 ff.

2) Vgl. Nürck, R.: Funktions- und strukturbedingte Regelungsmaßnahmen, a.a.O., S. 750.

3) Als Beispiele sind Beschäftigungsschwankungen und Betriebsgröße zu nennen.

Werden auch die Erlöse in die Untersuchung einbezogen, so gelangt man zum Gewinn (Ertrag) der Unternehmung, in welchem sich nunmehr alle Regelstreckenzustände in Geldgrößen niederschlagen; der Ertrag ist gewissermaßen das Ergebnis der Addition aller vorangegangenen und gegenwärtigen Regelstreckenzustände. Durch Extrapolation in die Zukunft, in der die möglichen und voraussichtlich realisierten Beeinflussungen (beziehungsweise Unbeeinflußbarkeiten) in Gewinne umgerechnet und abgezinst werden, erhält man den Gesamtwert der Unternehmung. Dieser Gesamtwert (Ertragswert) basiert auf einer echten Ganzheitsbetrachtung, weil er logisch-theoretisch eine Zusammenfassung der Einflüsse aus sämtlichen Regelstrecken sowie der voraussichtlichen Wirkungen der Aktionen und Reaktionen der dazugehörigen Regler vorwegnimmt[1].

Versucht man, den Gesamtwert der Unternehmung in seine Bestandteile zu zerlegen, so findet man in diesen Teilen alle Einflußfaktoren aus Reglern und Regelstrecken wieder, die den zukünftigen Erfolg (und damit wiederum den Gesamtwert) bestimmen; man kann sich vorstellen, daß der Gesamtwert aus folgenden Komponenten zusammengesetzt ist:

1) Substanzwert = Reproduktionskosten aller technisch-materiellen Produktionsfaktoren (Betriebsmittel und Werkstoff).

2) Immaterieller Geschäftswert (Schmalenbach)[2]

   a) Goodwill I oder Wert der sogenannten adjunktiven Wirtschaftsgüter (Kosiol) = Wert der lebendigen Organisation:

---

1) Zum Ertragswert der Unternehmung vgl. Bartke, G.: Die Methoden zur Ermittlung des Gesamtwertes einer Unternehmung (Eine Stellungnahme), in: ZfB 1960, S. 736 ff.; Jacob, H.: Der Zukunftserfolgsbegriff und die Verfahren der Unternehmungsbewertung, in: ZfB 1961, S. 231 ff.

2) Vgl. Jacob, Herbert: Die Methoden zur Ermittlung des Gesamtwertes einer Unternehmung, in: ZfB 1960, S. 212/213.

In diesem Wert spiegeln sich Beschaffenheit und Beeinflussungsmöglichkeiten der Regelstrecken wider; er wird im einzelnen bestimmt durch den Kundenstamm, den Ruf des Unternehmens, das Fertigungsprogramm, den Standort, durch Patente und langfristige Verträge, Konzernverflechtungen, die Qualität des Produktionsfaktors Arbeit sowie den produktiven Wert aus jenem großen Komplex der Innen- und Außenbeziehungen, den man als "die Organisation" der Unternehmung bezeichnet.

b) Goodwill II oder Kapitalisierungsmehrwert = Wert der abgezinsten Zukunftsgewinne, die auf überdurchschnittliche Qualifikationen der Regler höherer Ordnung oder außergewöhnliche Konstellationen in den Regelstrecken zurückzuführen sind: günstiger Standort, Vorzugsstellung am Markt durch geschickte Werbung oder Monopolsituationen (vor allem technische Monopole), günstige Kostenlage durch Ausnutzung technischen Fortschritts in der Produktion oder durch besonders gute Organisation.

Der Analyse des Gesamtwertes der Unternehmung liegt eine Ganzheitsbetrachtung zugrunde, indem der Zukunftserfolg als das Ergebnis des Zusammenwirkens aller Produktionsfaktoren und der spezifischen Konstellation der Regelstrecken gesehen wird. Die technisch-materielle Basis bilden die Produktionsfaktoren Betriebsmittel und Werkstoff, deren tatsächlicher wirtschaftlicher Wert jedoch erst dadurch zum Tragen kommt, daß das einzelne Wirtschaftsgut in einen Leistungsverbund mit den übrigen Produktionsfaktoren eingegliedert

ist[1]. Dieser tatsächliche wirtschaftliche Wert des einzelnen technisch-materiellen Elementes, der beispielsweise in dem steuerrechtlichen Begriff des "Teilwertes" zum Ausdruck kommt, wird durch die Voraussetzung der Eingliederung in den organisierten Prozeß einer laufenden Unternehmung bereits aus dem Bereich der materiellen Substanz herausgelöst und auf die Ebene des Unternehmungserfolges transponiert. Der Teilwert des eingegliederten Elementes ist häufig höher als der Wert des isoliert betrachteten Wirtschaftsgutes, das nach Marktpreisen zu bewerten ist und unter Umständen (besonders im Fall von Spezialaggregaten) nur Schrottwert haben kann. Man wird sagen können, daß die Differenz zwischen der (zu Markt- oder Schrottpreisen bewerteten) technisch-materiellen Substanz und dem Gesamtwert der Unternehmung folgende logisch-theoretische Ursachen hat:

1) Die Komplexität des Gesamtsystems "Unternehmung".

2) Die dispositiv-entscheidende Tätigkeit des Produktionsfaktors Arbeit.

3) Die Aufwendungen, die für die Beeinflussung und Gestaltung der Regelstrecken zu machen sind: Der sogenannte Geschäftswert wird zwar (aus der Sicht einer technisch-materiellen Substanzbewertung) als immaterieller Wert angesehen, ist aber in Wirklichkeit auch mit laufenden Aufwendungen (für Werbung, Produktgestaltung, Forschung und Entwicklung,

---

1) Hasenack spricht in diesem Zusammenhang von einem Betriebsgefüge, in welchem die betrieblichen Elemente wechselseitig verknüpft sind. Daraus ergibt sich ein Gesamtwert des Betriebes, der größer ist als der addierte Wert der isoliert gedachten und bloß mechanisch kombinierten (oder nur kompilierten) Elemente; vgl. Hasenack, W.: Kategorien betriebliche, a. a. O., Sp. 3095.

Ausbildung des Produktionsfaktors Arbeit usw.) verbunden; in diesem Sinne ist es richtig, einen Teil des Geschäftswertes als adjunktive Wirtschaftsgüter zu bezeichnen.

4) Besondere Eigenschaften der Regelstrecken: Standort, spezifische Marktlagen, Organisation usw.

Für die Beurteilung des Gesamtwertes einer Unternehmung kann man sich an einer Grenze orientieren, die gewissermaßen als Normal-Null-Linie anzusehen ist. Der Unternehmungswert und der Substanzwert (nach Teilwertprinzip) sind identisch, wenn dieser Substanzwert gerade der Kapitalisierung des Zukunftserfolges[1] entspricht. In diesem Falle arbeitet die Unternehmung mit einer normalen Rentabilität, und der Geschäftswert ist gleich Null. Ein Geschäftswert entsteht erst dann, wenn der Erfolg über die Normalverzinsung ansteigt. Andererseits ergibt sich ein negativer Geschäftswert, wenn der Zukunftserfolg nicht der Normalverzinsung des für den Substanzwert eingesetzten Kapitals entspricht; die Unternehmung arbeitet dann unrentabel, und der Gesamtwert der Unternehmung sinkt unter den Substanzwert.

§ 4.2 Rückkopplungen e r s t e r Ordnung

Entsprechend dem Gesetz der erforderlichen Varietät muß die Struktur des informationsverarbeitenden Reglers so beschaffen sein, daß sie der Komplexität der dazugehörigen Regelstrecke entspricht. Auf

1) Auf die Problematik des geeigneten Zinsfußes kann hier nicht eingegangen werden; zu den verschiedenen Verfahren der Unternehmensbewertung vgl. vor allem Jacob, H.: Die Methoden zur Ermittlung des Gesamtwertes der Unternehmung, in ZfB 1960, S. 131 ff. und S. 209 ff.

der untersten Stufe der betrieblichen Regelungsprozesse stehen die Rückkopplungssysteme erster Ordnung, deren Aufgabe darauf beschränkt ist, bestimmte Führungsgrößen in vorgegebenen Grenzen zu halten und im Falle von Abweichungen regulierend einzugreifen. Aufgrund ihrer einfachen Struktur sind diese Regler nicht in der Lage, eine Auswahl zwischen mehreren alternativen Lösungen (also echte Entscheidungen) zu treffen, sondern sie können nur mit vorgegebenen, streng determinierten Stellgrößen reagieren[1], wobei anzumerken ist, daß die Auswahl dieser Stellgrößen in einem Regelungsprozeß höherer Ordnung vorangegangen ist; mit anderen Worten: in einem Rückkopplungssystem erster Ordnung werden Stellgrößen angewendet, die in einem höherrangigen Regelkreis ausgearbeitet worden sind.

Auf der Ebene der Regelungssysteme erster Ordnung kann unterschieden werden zwischen[2]

1) Konstanzregelung
2) Programmregelung

Die Konstanzregelung ist die einfachste Regelungsart und kann etwa durch das bekannte Prinzip des Thermostaten beschrieben werden:

1) Wenngleich Rückkopplungssysteme erster Ordnung nur in der Lage sind, mit determinierten Stellgrößen zu reagieren, kann ihre Anpassungsfähigkeit dadurch erhöht werden, daß die Stellgrößenberechnung durch einen Vorhersage-Mechanismus über den wahrscheinlichen zukünftigen Regelstreckenverlauf ergänzt wird. Beispiel: In ein deterministisches Lagerhaltungsmodell mit stochastischer Nachfrageverteilung kann eine Vorhersage über die voraussichtlichen Kundenbestellungen eingebaut werden (vgl. Lagerhaltungsmodell im Exkurs zu § 4.51 dieser Arbeit). Das einfache Rückkopplungssystem wird auf diese Weise mit der Systemqualität der Voraussicht ausgestattet, wobei es sich allerdings um eine (aus einer höheren Regelungsform)abgeleitete und programmierte Voraussicht handelt. Grundsätzlich wird jedoch dadurch an der deterministischen Natur der Rückkopplungssysteme nichts geändert; vgl. auch Reuss, G.F.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, Basel und Tübingen 1965, S. 10 (Fußnote).

2) Vgl. Jacobi, Oskar, Betriebe als Regelkreise, in: Fortschrittliche Betriebsführung 1963, S. 50 ff.

Sie beschränkt sich darauf, anhand vorliegender Sollwerte oder Führungsgrößen die Qualität oder Leistung eines betrieblichen Ablaufes auf einer bestimmten Höhe zu halten, aufgetretene Abweichungen zu beseitigen und gegebenenfalls die Fehlerquellen einem übergeordneten Regelkreis zu melden. Das Hauptgewicht liegt also auf der Kontrolle (Fertigungsmasse, Werkstoffqualität, mechanische Funktionen, Anzahl der Leistungen), dagegen ist die eigentliche Regelungsfunktion relativ einfach, weil die Sollwerte genau vorgeschrieben sind und der Regler nur mit einem einzigen Freiheitsgrad in völlig determinierter Weise reagieren kann. Es wird also lediglich die Einhaltung gleichbleibender Lösungen gefordert; schwerwiegende Störungen, die über den betreffenden Stellbereich hinausgehen, müssen durch übergeordnete Regler beseitigt werden. Eine Unternehmung, die lediglich auf Regelkreisen mit Konstanzregelung aufbaut, besitzt nur eine sehr geringe Anpassungsfähigkeit und wäre nur bei fast gleichbleibenden Verhältnissen lebensfähig[1].

Eine Programmregelung basiert zunächst grundsätzlich auf der Konstanzregelung. Während jedoch in der Konstanzregelung vorgeschriebene, determinierte Aktionen oder Reaktionen nur auf eine einzige, stets gleichbleibende Aufgabenstellung angewendet werden können, werden durch die Programmregelung mehrere Anforderungsarten bewältigt. Der Regler benötigt dazu einen einfachen Speicher, in welchem die Lösungen zu jeder Aufgabenstellung gewissermaßen als Programm festgehalten sind; in der konkreten Regelungssituation schaltet der Regler auf den entsprechenden "Programmtext" um.

Der Speicher kann verschiedener Art sein. Beispielsweise "speichert" ein Handwerker während seiner Ausbildung bestimmte Pläne

1) Jakobi, Oskar: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 51.

oder Programme, mit denen er (nach Ergänzung durch aktuelle Programme in Form von Zeichnungen und Bedienungsanweisungen) verschiedene technische Anforderungsarten bewältigen kann. Aufgrund der Führungsgröße, der Regelgröße und der gegebenen Nebenbedingungen wird dem Programmspeicher die entsprechende Anpassungsmaßnahme entnommen. Die Regelung wird dann (wie üblich) laufend überwacht, und bei Störungen wird jeweils der entsprechende Programmtext eingeschaltet, so daß sich ein laufender Regelungsprozeß ergibt.

Nach dem Schema der Programmregelung arbeiten unter anderem der Vorarbeiter, der Maschinenführer oder der Handwerker. So muß beispielsweise ein Maschinist die Bedienungsvorschrift, die Sicherheitsvorschrift und die Wartungsvorschrift als Programme vorliegen haben. Seine Ist-Ermittlungen beziehen sich auf den Arbeitsablauf, die Sicherheit und den einwandfreien Lauf der Maschine; die dazugehörigen Nebenbedingungen ergeben sich aus dem Material, den Werkzeugen, der Energie und den Sicherheitsvorkehrungen. Er kombiniert die Führungsgrößen sowie Regelgrößen und wendet seine Programme auf die entsprechenden Regelabweichungen an, so daß ein laufender Regelungsvorgang entsteht, den man als "Bedienung der Maschine" bezeichnet. Bei Störungen, die den Umfang seiner Programme überschreiten, muß er durch eine entsprechende Information einen übergeordneten Regler in Tätigkeit setzen.

Eine programmgeregelte Unternehmung ist entsprechend ihrem Speicherinhalt nur beschränkt anpassungsfähig. Sobald die vorhandenen Programme nicht mehr mit den Anforderungsarten übereinstimmen, verliert sie ihre Regulationsfähigkeit. Sie besitzt zwar (verglichen mit der nur konstant geregelten Unternehmung) eine größere Varie-

tät, hat aber aus sich heraus keine Entwicklungsmöglichkeiten, weil die Ausarbeitung eines neuen Programmes einen Regelkreis höherer Ordnung voraussetzt[1].

§ 4.3 Der wirtschaftliche Entscheidungsprozeß als Regelungsprozeß mit Rückkopplungen höherer Ordnung

§ 4.31 Informationsgewinnung und Analyse des Entscheidungsproblems

Weiter oben war dargestellt worden, daß in den höheren Regelungsformen der Regler zwischen einer mehr oder weniger großen Anzahl von Verhaltensweisen wählen und in diesem Sinne echte Entscheidungen nach dem Rationalprinzip und auf der Basis einer Voraussicht der Konsequenzen der Verhaltensweisen treffen kann. Der Entscheidungsvorgang (im Sinne einer zweckorientierten Auswahl von Alternativen) zerfällt allerdings in mehrere Stufen, die wie folgt zu klassifizieren sind[2]:

1) Phase der Ist-Ermittlung des Regelstreckenzustandes (Wahrnehmung von Situation und Situationsänderung)
2) Phase des Vergleichs von Soll- und Ist-Zustand (Klarstellung und Konkretisierung des Entscheidungsproblems)
3) Phase der Ausarbeitung und Gegenüberstellung alternativer Lösungsmöglichkeiten (Planung)
4) Phase der Bewertung der Lösungsalternativen
5) Phase der Willensbildung (Entscheidungsakt)
6) Phase der Entscheidungsrealisation (Prozeß der Willensdurchsetzung)

---

1) Vgl. Jakobi, Oskar: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 52.

2) Vgl. Hellfors, Sven: Management-Datenverarbeitung-Operations Research, München und Wien 1967, S. 19/20; Staerkle, R.: Der Entscheidungsprozeß in der Unternehmungsorganisation, in: Die Unternehmung 1963, S. 13 ff.

Bevor in den nächsten Abschnitten der Entscheidungsvorgang als solcher dargestellt wird, soll nunmehr zunächst der vorgelagerte Bereich der sensorischen Situationsanzeige[1] untersucht werden. Die Ist-Ermittlung bildet den eigentlichen Kern der sensorischen Situationsanzeige und liefert dem Regler die quantitativen und qualitativen Regelgrößen, aus denen er den Zustand der Regelstrecke sowie Erfolg oder Mißerfolg der vorangegangenen Regelungsprozesse ablesen kann. Diese Phase der Wahrnehmung von Situation und Situationsänderung spielt eine nicht unwesentliche Rolle im betrieblichen Regelungsgeschehen. Insbesondere bei sehr komplexen Regelstrecken werden häufig Abweichungen von möglichen (und angestrebten) Vorzugszuständen gar nicht oder nicht rechtzeitig erkannt (ein Phänomen, das im allgemeinen durch den Begriff der Betriebsblindheit gekennzeichnet wird)[2].

Die Regelgrößen werden entweder als Informationen durch Besicht oder als Informationen durch Bericht gewonnen. Die Informationen durch Besicht treten mit zunehmender Betriebsgröße und Komplexität der Regelstrecken immer mehr in den Hintergrund und werden weitgehend durch Berichte aller Art ersetzt[3]. Da die Genauigkeit, Exaktheit und Aktualität der Informationen eine wesentliche Voraussetzung für einen richtigen (rationalen) Entscheidungsvorgang sind, gehen die Bestrebungen dahin, einerseits unpräzise und langatmig abgefaßte Berichte möglichst durch quantifizierte Informa-

1) Vgl. Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 584.

2) Vgl. Staerkle, R.: Der Entscheidungsprozeß in der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 15.

3) Vgl. Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, a.a.O., S. 25; Hasenack, W.: Methoden- und Entwicklungsprobleme der Betriebswirtschaftslehre, a.a.O., S. 12.

tionen[1] in Form von Kennzahlen, Tabellen, Statistiken und Bilanzen zu ersetzen und andererseits die Informationsgewinnung durch den Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen wesentlich zu beschleunigen[2].

Daraus folgt, daß die betrieblichen Informationssammelzentren mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Vor allem das betriebliche Rechnungswesen ist zum zentralen Informationssammelzentrum im Regelungsprozeß der Unternehmung geworden und hat darüberhinaus mit zunehmender Komplexität der Unternehmungen seine Funktion gewandelt, indem es weniger auf die Sammlung historischer Daten als mehr auf die Bereitstellung von Entscheidungshilfen zu Steuerungszwecken eingerichtet wird[3]: die beiden Hauptregelgrößen Kosten und Erlöse werden nach einer gewissen Aufbereitung und Umgruppierung als Lenkungs- und Regelungsinformationen eingesetzt. Dieser Vorgang soll selbstverständlich nur mit geringen "Totzeiten" belastet sein; aus diesem Grunde ist es unbedingt erforderlich, daß die Regelgrößen nicht nur in langfristigen Zusammenstellungen (als Jahresbilanz und -erfolgsrechnungen), sondern

---

1) Vgl. dazu § 4.521 dieser Arbeit (Optimalregelung). Gleichzeitig muß jedoch festgestellt werden, daß die Quantifizierung der Informationen noch keine Gewähr für ihre absolute Richtigkeit bietet. So können beispielsweise in einer Bilanz unbewußt Scheingewinne ausgewiesen werden, aus denen der Regler vollkommen falsche Schlüsse ziehen muß; vgl. Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 584.

2) Vgl. Adam, A.: Industrielle Systemforschung, a.a.O., S. 108/109.

3) Der Wandel der Funktion des Rechnungswesens wird von Adam durch den Begriff "betriebsstrategisches Rechnungswesen" gekennzeichnet; vgl. Adam, A.: Betriebliche Verfahrensforschung (Operations Research) und Informationswesen, in: Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft (Herausgeber): Führungsentscheidungen und ihre Dispositionshilfen, Berlin, o.J., S. 34 ff.; entsprechend Churchman, C.W./Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 36.

vor allem kurzfristig (als kurzfristige Erfolgsrechnungen) an die Entscheidungsträger weitergeleitet werden. Je kurzfristiger die Informationsaufbereitung erfolgt, desto besser ist sie zu Lenkungs- und Regelungszwecken geeignet. Jahresbilanzen und -erfolgsrechnungen sind vorwiegend auf die Analyse der Vergangenheit gerichtet, kurzfristige Erfolgsrechnungen sind typische Lenkungsinstrumente, die noch durch Plankostenrechnungen unterstützt werden.

In der Literatur wird sehr ausführlich die Frage diskutiert, in welcher Form die kurzfristige Erfolgsrechnung zu organisieren ist. Es stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Auswahl: Die herkömmlichen Verfahren basieren auf einer Vollkostenrechnung (nach Umsatz- oder Gesamtkostenverfahren), in neuerer Zeit dagegen ist eine deutliche Tendenz zu einer Teilkostenrechnung (vor allem nach den Prinzipien des sogenannten Direktkostenverfahrens) zu erkennen[1].

An die Phase der Wahrnehmung von Situation und Situationsänderung schließt sich die Phase des Vergleichs von Sollzustand und Istzustand an, die dann mit der Abklärung und Abgrenzung (militärisch gesprochen: der Beurteilung der Lage) abschließt, wobei anzumerken ist, daß sich der Gesamtvorgang über Sekunden, Stunden, Wochen, Monate oder sogar Jahre erstrecken kann. Lagebeurteilung bedeutet, aus den gegebenen (und möglicherweise noch erreichbaren) Informationen über die Regelstrecke das Problem des Entscheidungsprozesses herauszufiltern und zu präzisieren. Schlecht qualifizierte Elemente werden gar nicht erst erkennen, daß durch entsprechende Anpassungsmaßnahmen Gleichgewichtslagen denkbar sind, die auf einem viel höheren Niveau als die ge-

1) Vgl. dazu auch Böhm, Hans-Hermann und Wille, Friedrich: Direct Costing und Programmplanung. Moderne Kalkulationsverfahren für gewinnoptimale Produktions- und Verkaufsprogramme, München 1960.

genwärtig angestrebten liegen, und sie werden dementsprechend das Entscheidungsproblem gewissermaßen "unter Wert" (oder gar nicht) formulieren.

§ 4.32 Die Auswahl alternativer Lösungsmöglichkeiten (Planung von Entscheidungen)

§ 4.321 Der Ganzheitsgedanke in der Planung

Echte Entscheidungen waren weiter oben bezeichnet worden als Einschränkung der Varietät des Reglers durch Selektion und Voraussicht der Konsequenzen von Regelungsmaßnahmen[1], wobei die Fähigkeit der Voraussicht entweder auf Erfahrungen oder einem inneren Modell der Regelstrecke beruhen kann. Dem eigentlichen Entscheidungsakt vorgelagert sind die Phasen der Ausarbeitung und Gegenüberstellung alternativer Lösungsmöglichkeiten sowie die Phase der Bewertung der Lösungsalternativen. Die gedankliche Gegenüberstellung der verschiedenen erfolgversprechenden Lösungsmöglichkeiten kann als ein Prozeß der Anpassungsplanung bezeichnet werden, wobei allerdings der Begriff der Planung zunächst einer exakten Abgrenzung bedarf, weil in der Literatur drei verschiedene Planungsbegriffe verwendet werden[2]:

1) Planung als Vorgabe von Sollzuständen, die von übergeordneten Reglern ausgearbeitet und den untergeordneten Regelkreisen als Führungsgrößen vorgegeben werden. Diese Füh-

---

1) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 165.

2) Koch, Helmut: Stichwort "Planung" in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band III, Stuttgart 1960, Sp. 4340 ff.

rungsgrößen haben sich am Zielsystem der Unternehmung als Ganzes zu orientieren und müssen durch Koordinierung der verschiedenen Teilbereiche (also durch Überwindung von Zielkonflikten innerhalb des Gesamtsystems) in die durch das Zielsystem bestimmte Geschäftskonzeption eingeordnet werden. Diese Aufstellung von koordinierten Voranschlägen (Sollvorgaben) für die einzelnen Teilbereiche kann als Budgetierung[1] bezeichnet werden; besonders bevorzugte Bereiche der Budgetierung sind die Finanz- und Investitionsplanung, die Kostenplanung, die Produktionsplanung und die Absatzplanung.

2) Planung als System von Entscheidungen, durch welche das Zielsystem (Wertsystem) der Unternehmung und die daraus abgeleitete Geschäftskonzeption festgelegt wird. Koch bezeichnet diesen Komplex als Unternehmungsplanung, durch welche die Unternehmung im voraus festgelegt wird und die die Grundlage für die Budgetierung bildet.

3) Planung als Ausarbeitung von Wahlmöglichkeiten und Lösungsvorschlägen, zwischen denen eine Entscheidung zu treffen ist; dementsprechend wird eine bestimmte Alternative als P l a n bezeichnet, und Planung ist in diesem Sinne ein Teil der Entscheidungsvorbereitung.

Die Trennung zwischen der Planung im Sinne der beiden ersten Punkte sowie dem in Punkt 3) genannten Planungsbegriff entsteht durch eine zeitliche Zäsur, deren Grenzpunkt im abgeschlossenen Entscheidungsakt liegt: Planung im Sinne des dritten Punktes kann dementsprechend als Entscheidungsplanung bezeichnet werden, die

1) Koch, Helmut: Planung, a. a. O., Sp. 4342.

zeitlich v o r dem Entscheidungsakt liegt, während die Planungen im Sinne der beiden ersten Punkte zeitlich dem Entscheidungsakt folgen und gewissermaßen das Ergebnis eines bereits vollzogenen Entscheidungsprozesses sind; im Gegensatz zur Entscheidungsplanung könnte man umgekehrt von Planungsentscheidungen sprechen.

Der Vorgang der Planung von echten Entscheidungen muß so angelegt sein, daß der Regler nicht nur die eigene Regelstrecke, sondern gleichzeitig auch alle übrigen Regelstrecken berücksichtigt und auf diese Weise zu einer ganzheitlichen Entscheidung gelangt, so daß dementsprechend die Entscheidungsplanung als ein Kernpunkt einer ganzheitlichen Theorie der Unternehmung betrachtet werden kann. Ganzheitliche Planung bedeutet im wesentlichen, daß der Regler einerseits bei der Auswahl der Lösungsalternativen eine Reihe von Beschränkungen zu berücksichtigen hat und andererseits davon ausgehen muß, daß Entscheidungen nicht nur Konsequenzen hinsichtlich des direkt angestrebten Zieles, sondern auch Nebenwirkungen haben.

Jede Entscheidung unterliegt Beschränkungen, die als Nebenbedingungen zu berücksichtigen sind, wobei zu unterscheiden ist zwischen

1) Beschränkungen aus der eigenen Regelstrecke des betreffenden Reglers (Beispiel: Ertragsgesetze als Nebenbedingungen des Regelkreises "Produktion");

2) Beschränkungen aus dem Realisationsbereich (auf das Beispiel des Produktionsregelkreises angewendet: die Produktionsplanung unterliegt den Beschränkungen aus den Kapazitäten des Betriebes);

3) Beschränkungen aus den übrigen Regelstrecken.

Hinsichtlich der Beschränkungen aus den übrigen Regelstrecken (Punkt 3) ist anzumerken, daß es einige Einflußfaktoren gibt, die a priori bei jeder Entscheidung als Nebenbedingung zu berücksichtigen sind: Man wird sagen können, daß in jedem Falle von der Organisation Rückwirkungen auf den Entscheidungsprozeß (das Entscheidungsmodell) ausgehen, daß alle wichtigen Entscheidungen in irgendeiner Weise sozialen Normen unterliegen und daß fast immer der Grundsatz des finanziellen Gleichgewichts als Nebenbedingung in alle wichtigen Entscheidungen eingehen muß.

Die Beschränkungen beruhen entweder auf objektiv unbeeinflußbaren Eigenschaften der Regelstrecke (beispielsweise die Ertragsgesetze oder die Rechtsordnung) und sind in diesem Sinne echtes Datum, oder sie sind langfristig beeinflußbar (beispielsweise Kapazitäten oder finanzielle Beschränkungen). Sind die Beschränkungen oder Nebenbedingungen langfristig beeinflußbar, so unterliegt die Planung im Hinblick auf diese Beschränkungen dem sogenannten Ausgleichsgesetz der Planung, welches besagt, daß bei kurzfristiger Betrachtung die Gesamtplanung sich auf den Engpaßbereich einzuregulieren hat (Dominanz des Minimumsektors), während langfristig gesehen der Engpaßbereich auf das Niveau der übrigen Teilbereiche einzuregulieren ist[1].

Ganzheitliches Denken in der Phase der Entscheidungsplanung setzt ferner voraus, daß den Interdependenzen zwischen den verschiedenen Regelkreisen auch dadurch Rechnung getragen wird,

1) Vgl. Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band I, a.a.O., S. 125; Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 580.

daß die Wirkungen und Konsequenzen der Entscheidung lückenlos analysiert werden. Mit anderen Worten: Eine ganzheitliche Planung hat

1) die Wirkungen auf die Zielsetzung des betreffenden Regelkreises;

2) die Wirkungen (Nebenwirkungen) auf die übergeordneten (generellen) Zielsetzungen der Unternehmung;

3) die Wirkungen (Nebenwirkungen) auf die Zielsetzungen der übrigen Regelkreise

zu berücksichtigen. Ein Beispiel für Wirkung und Nebenwirkung: Die Umstellung der Regelstrecke "Produktion" von Werkstattfertigung auf Fließfertigung führt (bei entsprechender Auslastung) zu der angestrebten Senkung der Stückkosten und damit zu einer Erhöhung des Gesamtgewinns. Andererseits wird durch die Einführung der Fließfertigung die Angebotsmenge derart erhöht, daß im Regelkreis "Absatzmarkt" unter Umständen die Preise gesenkt und die Aufwendungen für Werbung erhöht werden müssen, so daß der zunächst gestiegene Gesamtgewinn wieder abnimmt.

Grundsätzlich wird man sagen können: Jede Planung hat nicht nur die Wirkungen einer Anpassungsmaßnahme auf die Zielsetzung des eigenen Regelbereiches, sondern gleichzeitig immer auch die Konsequenzen im Hinblick auf die Zielsetzungen der übrigen Regelungsbereiche, sowie die übergeordnete Zielsetzung der Unternehmung zu berücksichtigen. Anders ausgedrückt: Jede betriebliche Anpassungsmaßnahme hat die übrigen Zielsetzungen als Nebenbedingungen in ihr Entscheidungskalkül aufzunehmen. Eine Unternehmungstheorie auf der Grundlage von Entscheidungsplänen, die immer nur

eine spezielle Regelstrecke beeinflussen, ohne die obengenannten Nebenbedingungen zu beachten, führt zu jenen Suboptimalisierungen einer isolierten Abteilungspolitik, vor denen die Spezialisten des Operations Research immer wieder warnen[1].

Zwischen den verschiedenen oben dargestellten Zielsetzungskonstellationen können unterschiedliche Beziehungen bestehen, dergestalt, daß

1) die Wirkungen einer Entscheidung die übrigen Zielsetzungen gar nicht berühren oder sich mit diesen sogar ergänzen[2];

2) eine Entscheidung Nebenwirkungen hervorruft, die in Gegensatz zu einer anderen Zielsetzung stehen (Situation der Zielkonflikte)[3].

In der betrieblichen Realität werden Zielkonflikte vor allem bei der Planung von Führungsgrößen wirksam, woraus sich die Notwendigkeit einer Simultanplanung[4] (im Gegensatz zu einer Stufenplanung) ergibt, durch welche nach dem Prinzip der Einheit der

1) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 39.

2) Beispiel: Die Verwirklichung einer optimalen Losgröße (Zielsetzung eines Teilregelkreises der Unternehmung) wird sich mit dem Streben nach Gewinn (übergeordnete Zielsetzung der Unternehmung) in jedem Falle decken.

3) Ein markantes Beispiel für einen Zielkonflikt ist (analog dem berühmten "magischen Dreieck" der Volkswirtschaftspolitik) in der Betriebswirtschaftslehre die Interessenkollision zwischen den beiden Regelgrößen "Gewinn" und "Liquidität", in deren Ausgleich das eigentliche Problem jeder Bankunternehmung besteht.

4) Vgl. Gutenberg, Erich: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band II: Der Absatz, vierte neubearbeitete Auflage, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1962, S. 101 ff.; Swoboda, Peter: Die simultane Planung von Rationalisierungs- und Erweiterungsinvestitionen und von Produktionsprogrammen, in ZfB 1965, S. 148 ff.

Leitung (Fayol) die Vorgabe sich widersprechender Führungsgrößen vermieden werden soll[1]. Die Probleme der Schaffung eines gemeinsamen kollektiven Wertsystems werden in § 5 ausführlich behandelt[2].

§ 4.322 Der Zeitfaktor und die Unsicherheit der Erwartungen in der Planung

In einem dynamischen Regelungsprozeß spielt der Zeitfaktor eine sehr wesentliche Rolle, und zwar in allen drei Dimensionen (Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft), denn dynamische Entscheidungen basieren immer auf

1) Erfahrungen über den Erfolg oder Mißerfolg von Entscheidungen und Handlungen in der Vergangenheit;

2) Regelgrößen über die gegenwärtigen Regelstreckenzustände;

3) Erwartungen über den zukünftigen Verlauf der Regelstreckenzustände.

Von besonderem Interesse ist die Kategorie Zeit selbstverständlich hinsichtlich der Ausdehnung der Entscheidungen in die Zukunft. In diesem Zusammenhang wird man zunächst einmal feststellen müssen, daß die verschiedenen Anpassungsmaßnahmen eine

1) Vgl. Nürck, R.: Unternehmensführung, a.a.O., S. 236.

2) Der Gedanke der Simultanplanung repräsentiert selbstverständlich nur einen Idealfall. Die Probleme der Realisierung entstehen vor allem aus der Tatsache, daß Entscheidungsprozesse Teile von kollektiven Regelungsprozessen sind, die in einer Organisation ablaufen und dementsprechend den Begrenzungsfaktoren der Rationalität kollektiver Regelungsprozesse (siehe § 5.1 dieser Arbeit) unterliegen; vgl. auch Heinen, E.: Das Zielsystem der Unternehmung, a.a.O., S. 190.

unterschiedliche Wirkung in die Zeit haben, also in der Zeitspanne ihrer Wirksamkeit verschieden sein können; dementsprechend sind zu unterscheiden[1]:

1) Anpassungsmaßnahmen mit langfristiger Zeitwirkung, die sogenannten strukturellen Regelungsmaßnahmen (extremes Beispiel: Wahl der Unternehmungsform); in grober Vereinfachung wird man sagen können, daß sich alle strukturellen Regelungen in den fixen Kosten niederschlagen.

2) Anpassungsmaßnahmen mit kurzfristiger Zeitwirkung, die sogenannten funktionellen Regelungen (Beispiel: intensitätsmäßige Anpassung der Produktionsfaktoren an Beschäftigungsänderungen); funktionelle Regelung ist in etwa mit Beeinflussung der variablen Kosten gleichzusetzen.

Durch die Zeitspannen der Wirksamkeit von Regelungsmaßnahmen wird die Reaktionsfähigkeit, also die Elastizität der Anpassung des Gesamtsystems bestimmt. Mangelnde Anpassungsfähigkeit ist immer an direkte oder indirekte Verluste gebunden, und man wird geradezu von strukturbedingten Verlustquellen sprechen können, deren Wirkungen in den bekannten Erscheinungen der Kostenremanenz ihren Niederschlag finden[2].

Viele Entscheidungssituationen sind dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitraum bis zur endgültigen Zielverwirklichung sehr groß ist. Die Entscheidungssituation hat also eine zeitliche Ausdehnung, der man dadurch Rechnung zu tragen sucht, daß man den ganzen Entscheidungsvorgang in Perioden zerlegt. Eine solche Periode

---

1) Vgl. Nürck, R.: Funktions- und strukturbedingte Regelungsmaßnahmen, a.a.O., S. 746/747; Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, a.a.O., S. 28/29.

2) Vgl. auch Nürck, R.: Steuerung, Regelung, Kybernetik, Wirtschaftskybernetik, in BFuP 1965, S. 337.

kann man (etwa nach der Methode der schwedischen Verlaufsanalyse) so lange dauern lassen, wie die durch die Entscheidungen ausgelösten Aktionen (beispielsweise wegen der Bindungen an vertragliche Verpflichtungen und dergleichen) nicht geändert werden können. Eine Alternative bedeutet dann die Festlegung der Handlungen für jede Periode, also ein ganzes Aktionsprogramm (Strategie). Vom Entscheidungspunkt $\emptyset$ aus ist eine sehr große Zahl solcher Aktionsprogramme möglich: Eine Aktion a_i während der ersten Periode legt die Situation s_i zu Ende dieser Periode fest. Von dieser Situation aus sind wieder mehrere Aktionen a_{ij} für die zweite Periode möglich (und so fort)[1].

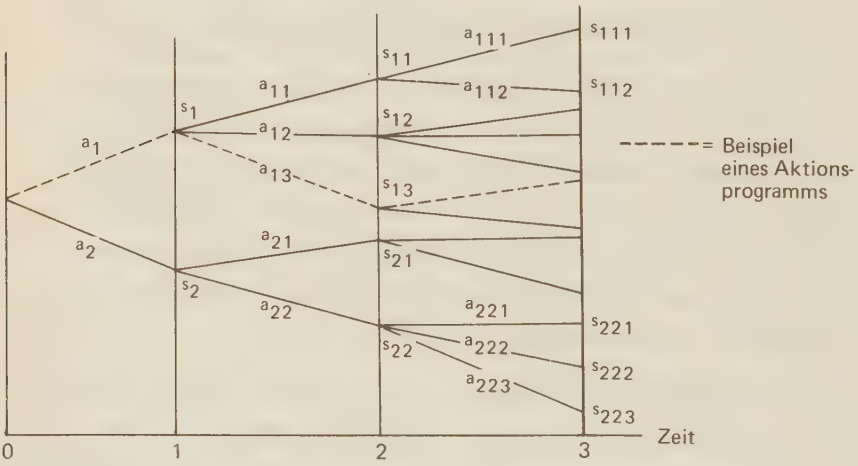

Abb. 10: Zeitliche Ausdehnung einer Entscheidungssituation

Da es jedoch in den meisten Fällen kaum möglich sein wird, die erwarteten Zustände über einen längeren Zeitraum als eine Pe-

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 203 ff.

riode vorauszuberechnen, wird man gezwungen sein, auf die Ausarbeitung eines vollständigen Aktionsprogrammes bis zur endgültigen Zielverwirklichung zu verzichten und stattdessen schrittweise vorzugehen. Man wird sagen können: Da die augenblicklich vorhandenen Mittel und Informationen nicht ausreichen, das Ziel auf direktem Wege zu erreichen, ist die Ausarbeitung einer vollständigen Strategie (eines vollständigen Aktionsprogrammes) unmöglich, so daß der Gesamtvorgang in Perioden zerlegt werden und der Regler schrittweise vorgehen muß, indem er Taktiken (prozessuale Entscheidungen)[1] anwendet; die Zahl der Perioden bestimmt dann den Ordnungsgrad der Taktik (Taktiken erster, zweiter, ... fünfter Ordnung).

In einer realitätsbezogenen Unternehmungstheorie ist die Dimension Zukunft nicht zuletzt deswegen von so großer Bedeutung, weil die Entscheidungsplanung nicht von statischen Verhältnissen und daher nicht von der Prämisse vollkommener Information ausgehen kann, sondern vielmehr berücksichtigen muß, daß der Regler (Entscheidungsträger) nur einen Teil der relevanten Variablen unter Kontrolle hat, während die übrigen Variablen von den Regelstrekken kontrolliert werden. Unvollkommenheit der Information hat zur Folge, daß die Entscheidungen entweder unter Sicherheit, unter Risiko (strukturierte Indeterminiertheit) oder unter vollkommener Unsicherheit (reine Indeterminiertheit) getroffen werden müssen. Andererseits ist davon auszugehen, daß die mehr oder weniger unsicheren Veränderungen der Regelstreckenzustände

---

1) Zur Unterscheidung zwischen Letztentscheidungen und prozessualen Entscheidungen vgl. Menges, G.: Das Entscheidungsproblem in der Statistik, a.a.O., S. 103.

1) durch Störeinwirkungen auf die Regelstrecke entstehen, oder

2) Konsequenzen der vorangegangenen Entscheidungen des Reglers sind, wobei diese Konsequenzen eintreten können als

   a) Wirkungen einer autonomen Entscheidung

   b) Reaktionen der Subjekte innerhalb der Regelstrecke.

Der im letzten Punkt genannte Fall der mehrdeutigen (indeterminierten) Konsequenzen infolge konträer Reaktionen wird als rationale Indeterminiertheit[1] bezeichnet. Die Beteiligung von mehreren (mindestens zwei) Entscheidungssubjekten an einer Entscheidung ist die typische Konfliktsituation der Spieltheorie[2] und bedeutet, daß die Entscheidungen der Kontrahenten folgendermaßen miteinander verbunden sind: Die Konsequenzen, die die Wahl einer Alternative für einen Entscheidungsträger hat, hängen auch von der Entscheidung (einer oder mehrerer) anderer Personen ab. Können die Entscheidungen der "Gegenspieler" als fixiert angesehen werden, so ist das relativ unproblematisch, weil das Verhalten der Gegenspieler dann als Datum angesehen werden kann[3]. Wenn jedoch die übrigen Entscheidungsträger ihrerseits ihre Entscheidungen von der des Entscheidungsträgers I abhängig machen müssen, ergibt sich die Situation der rationalen Indeterminiertheit. In diesem Falle ist eine Theorie des rationalen Verhaltens

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 129/130.

2) Die übrigen Fälle können in die Konzeption der Spieltheorie einbezogen werden, indem der Regelstrecke (einschließlich dem Zufall) a priori eine eigene Interessenlage unterstellt wird.

3) Beispiel: Verhalten im Modell der atomistischen Konkurrenz, in der der Marktpreis oder die Preise der anderen Anbieter als Datum für die Absatzentscheidung des einzelnen Unternehmers angesehen werden.

individueller Aktoren nicht mehr möglich, sondern es müssen die Entscheidungen aller Beteiligten zusammen analysiert werden. Die Entscheidungstheorie fragt hier also nach einer Maxime, die für alle Beteiligten als die "beste" angesehen werden kann und ist in diesem Sinne als eine Theorie der rationalen Interaktion einer Gruppe bei rationaler Indeterminiertheit aufzufassen[1].

§. 4.33 Die Bewertung der Lösungsalternativen

In der Situation unvollkommener Information und unsicherer Erwartungen sind objektiv rationale Entscheidungen nicht möglich[2], so daß es keine absolut besten, sondern immer nur "befriedigende" Lösungen[3] geben kann; man wird also immer nur von besten Lösungen unter den gegebenen Bedingungen sprechen dürfen. Eine Antwort auf die Frage nach dem Kriterium für optimale Entscheidungen in Unsicherheitssituationen geben Spieltheorie und statistische Entscheidungstheorie, welche die Problemsituationen rationaler Indeterminiertheit (in welche die übrigen Unsicherheitssituationen einbezogen werden können) über eine Reihe von Entscheidungskriterien (vor allem das sogenannte Minimax-Kriterium

1) Näheres siehe Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 176.

2) In Situationen vollkommener Unsicherheit ist es ohnehin problematisch, überhaupt noch von Rationalität zu sprechen.

3) Zum Begriff der "befriedigenden" Lösung vgl. Simon, H.A.: A Behavioral Model of Rational Choice, in: Simon, H.A.: Models of Man, New York 1957, S. 241 ff.; March, J.G. und Simon, H.A.: Organizations, 8. Druckaufl. New York und London 1966, S. 138 ff.; Cyert, R.M. und March, J.G.: A Behavioral Theory of Organizational Objectives, in: Haire, Mason (Hrsg.): Modern Organization Theory, New York 1959, S. 76 ff.

oder Kriterium der Minimaximierung des Risikos) lösen. Wie jedoch bereits weiter oben dargestellt wurde, ist zu bezweifeln, daß die von der Spieltheorie und statistischen Entscheidungstheorie entwickelten Kriterien tatsächlich der adäquate Ausdruck für ein rationales Verhalten sind. Bei der Beurteilung dieser Frage ist davon auszugehen, daß in Unsicherheitssituationen keine objektiven Maßstäbe mehr dafür vorliegen, was gut und schlecht (und dementsprechend: was rational) ist. An die Stelle einer objektiven Rationalität im Sinne absolut gültiger Wertmaßstäbe tritt die subjektive (begrenzte) Rationalität des jeweiligen Entscheidungsträgers, der je nach seinen spezifischen Wertvorstellungen[1] und seiner persönlichen Risikobereitschaft (die von der Mentalität des Spielers bis zu der des Rentners reichen kann) aus den gegebenen Alternativen diejenigen auswählt, die er unter den gegebenen Bedingungen für die beste hält. Dementsprechend müssen die Bemühungen der Spieltheorie und statistischen Entscheidungstheorie, das Risiko zu objektivieren und allgemeingültige Regeln für Entscheidungssituationen unter Unsicherheit aufzustellen, abgelehnt werden.

Endgültige Auswahl einer Alternative aus dem gegebenen Vorrat von Möglichkeiten ist also gleichzusetzen mit der Bewertung der Alternativen. Da objektive Maßstäbe (wie oben dargestellt) in Unsicherheitssituationen nicht vorliegen und der einzelne Entscheidungsträger (entsprechend seiner spezifischen Struktur) unterschiedliche Wertvorstellungen besitzt, wird für jede Alternative nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit der Auswahl angegeben werden können. Auswahl bedeutet zwar einerseits Vernichtung von Varietät des Reglers, andererseits ist gerade die Individualität des jeweiligen Reglers der Grund dafür, daß immer ein Rest an

1) Vgl. auch Leibenstein, Harvey: Economic Theory and Organizational Analysis, a.a.O., S. 168 ff.

Varietät (Unbestimmtheit) bestehen bleibt. Für das Gesamtsystem "Unternehmung" entstehen aus der Individualität der Vielzahl von Reglern gewisse "Unschärfebereiche", über die nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich sind und in denen immer ein rational nicht reduzierbarer Rest übrigbleibt[1].

Die (subjektive) Bewertung der alternativen Lösungsmöglichkeiten erfolgt in den meisten Fällen nicht nach einem einzigen Wertmaßstab, sondern nach einem ganzen Wertsystem, das aus einer Reihe unterschiedlicher Entscheidungsgrundlagen (Zielsetzungen) besteht; es ist zu unterscheiden zwischen

1) Generellen Entscheidungsgrundlagen

   a) Allgemeine (systemindifferente) Entscheidungskriterien: Sicherheit der Unternehmung und Prinzip der Wirtschaftlichkeit (als spezielle Ausdrucksform des Rationalprinzips);

   b) (Systembezogene) Entscheidungsgrundlagen aus der spezifischen Zielsetzung der konkreten Unternehmung: Gewinn oder Rentabilität, Substanzerhaltung, Marktposition, Unabhängigkeit, sozialer Friede usw.;

2) Speziellen Entscheidungsgrundlagen (Führungsgrößen) der einzelnen Regelkreise.

Auswahl der (unter den gegebenen Bedingungen) besten Lösung bedeutet immer, daß jede Lösungsalternative hinsichtlich ihrer Wirkungen auf alle Führungsgrößen des betreffenden Regelkreises und die übergeordneten Zielsetzungen bewertet wird. So hat beispielsweise die Planung von Investitionsentscheidungen eine ganze Reihe unterschiedlicher Kriterien in ihr Kalkül einzubeziehen, aus denen folgende Planungsgesichtspunkte entstehen:

---

1) Vgl. Adam, A.: Industrielle Systemforschung, a.a.O., S. 108.

1) Technische Investitionsplanung, bei der Leistungs- und Kapazitätsgrößen, Qualitäts- und Elastizitätsgesichtspunkte im Vordergrund stehen.

2) Kostenwirtschaftliche Investitionsplanung, in welcher die alternativen Möglichkeiten unter Kostengesichtspunkten im allgemeinen und unter dem Gesichtspunkt der Entwicklung der Stückkosten (Kostendegression), der Ersatzbeschaffung und der vorverlagerten Ersatzbeschaffung untersucht werden.

3) Gewinn- und rentabilitätsorientierte Investitionsplanung: Hier gelangt man zu den Kernpunkten der Investitionsrechnung, indem auch absatzwirtschaftliche Gesichtspunkte (Marktwiderstände sowie Gewinnchancenerwartungen) und Finanzierungsüberlegungen in die Planungen einbezogen werden; die Rentabilitätsrechnungen können aufgestellt werden als

   a) Rentabilitätsrechnungen im engeren Sinne (Vergleich zwischen Gewinn und eingesetztem Kapital);

   b) erweiterte Rentabilitätsrechnungen (Vergleich des zusätzlichen Gewinns mit zusätzlich eingesetztem Kapital);

   c) Amortisationsrechnung (Ermittlung der Wiedergewinnungszeit), die eine spezielle Art der Kapitalrechnung darstellt.

Für die Gegenüberstellung alternativer Lösungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der verschiedenen Entscheidungsgrundlagen bieten sich verschiedene Darstellungsformen an; Gäfgen[1] nennt beispielsweise Matrizen-, Vektoren- oder Polarkoordinatendarstellungen. Zur Erläuterung soll hier eine Matrizendarstellung gewählt werden, in welcher ein konkreter Fall einer Investitionsentscheidung aus der Industrie wiedergegeben wird: Es ist zwischen vier Investitionsprojekten A, B, C und D zu wählen, wobei als Kriterien die sogenannte "interne Ertragsrate" K_1 als Indiz für

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 114 ff.

die Rentabilität der Investition, der Kapitalbedarf K der Projekte (K_2) als Indiz der Verhandlungsstärke[1] und die qualitativen Kriterien Betriebssicherheit K_3, Beweglichkeit im Ausnutzungsgrad K_4 und Erweiterungsfähigkeit der Anlage K_5 dienen sollen. Das Beispiel enthält also ein negatives Kriterium K_2 und mehrere qualitative Kriterien verschiedener Gradierbarkeit.

Alternativen	Kriterien K_1 in %	K_2 in Mio DM	K_3	K_4	K_5
Projekt A	11,96	4,96	gut	gut	ja
Projekt B	12,12	1,80	bestens	mittel	ja
Projekt C	12,68	1,77	mittel	gut	nein
Projekt D	16,45	3,49	schlecht	gut	nein

Tab. 1: Gegenüberstellung alternativer Lösungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung verschiedener Entscheidungsgrundlagen in Matrizenform.

Bereits in diesem relativ einfachen Beispiel mit vier Alternativen und fünf Kriterien werden die Schwierigkeiten der Bewertung alternativer Lösungsmöglichkeiten deutlich sichtbar: In den wenigsten Entscheidungssituationen wird man mit völlig homogenen Kriterien arbeiten können (wie beispielsweise in den Lagerhaltungsmodellen, in denen alles auf Kostenkriterien reduziert werden kann, die dann miteinander verglichen werden); vielmehr sind die Entscheidungskriterien meist sehr heterogener Natur und darüber hinaus in vielen Fällen qualitativ bestimmt[2].

---

1) Das Unternehmen band sich durch die Investition an einen bestimmten Abnehmer und machte sich von diesem um so abhängiger, je höher die investierte Summe war.

2) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidungen, a.a.O., S. 115.

Das Problem, das im Rahmen dieser Arbeit nur angedeutet werden kann, lautet also: Wie können die unterschiedlichen quantitativen und qualitativen Entscheidungskriterien vergleichbar gemacht, also gewissermaßen auf einen Nenner gebracht werden? Im allgemeinen wird vorgeschlagen, den Wert (also den Entscheidungswert) einer Handlungsalternative durch einen Gesamtnutzen auszudrücken und daran anschließend die Gesamtnutzen aller Alternativen miteinander zu vergleichen[1]. Churchman geht noch einen Schritt weiter, indem er den ziemlich verschwommenen Begriff des Nutzens durch eine etwas konkretere Gesamtwirksamkeit ersetzen will, so daß alle alternativen Handlungsmöglichkeiten in einem gemeinsamen Maß der Gesamtwirksamkeit ausgedrückt werden können[2].

§. 4.34 Prozeß der Willensbildung (Entscheidungsakt)

An die Bewertung schließt sich diejenige Phase an, in welcher der Entschluß gefaßt wird, die (subjektiv) als optimal erkannte Alternative tatsächlich Wirklichkeit werden zu lassen. Dieser Entschluß zur Verwirklichung eines ausgewählten Planes ist als der eigentliche Entscheidungsakt anzusehen, in welchem folgende drei Komponenten zusammenwirken:

---

1) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion der Unternehmung, a.a.O., S. 38 ff; Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 142 ff; Müller, J.H.: Grundlagen einer allgemeinen Theorie der Wahlakte, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 1952, S. 81 ff.; Heinen, E.: Das Zielsystem der Unternehmung, a.a.O., S. 140 ff. (insbesondere die auf S. 147 angegebene Literatur).

2) Vgl. Churchman, C.W./Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 113 - 147.

1) Der Wille, die zur Verwirklichung der Entscheidung notwendigen Maßnahmen zu ergreifen (also der Wille zum Handeln); wenn dieser Wille fehlt, kommt keine Entscheidung zustande.

2) Die Verantwortung für die Konsequenzen einer Entscheidung; der Entscheidungsträger übernimmt die Verantwortung für die vorangegangene Bewertung, in der sich sein spezifisches Risikoverhalten ausdrückt.

3) Die Macht, die getroffenen Entscheidungen durchzusetzen und zu realisieren; diese Macht kann entweder als juristische Macht oder als faktische Macht (Marktmacht, Autorität) gegeben sein.

Da zumindest die beiden ersten Komponenten Erscheinungen sind, die nur vom Menschen dargestellt werden können, muß man zu der Schlußfolgerung gelangen, daß echte Entscheidungen immer an menschliche Entscheidungsträger gebunden sind. Die Frage der Voraussetzungen einer echten Entscheidung spielt für den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen eine große Rolle, und einige Autoren haben auch bereits die juristischen Probleme der Verantwortlichkeit untersucht, die sich aus der Anwendung derartiger Anlagen ergeben[1]. Die Diskussion um diese Zusammenhänge wird (vor allem in Anbetracht der ständigen Weiterentwicklung der elektronischen Datenverarbeitung) voraussichtlich noch sehr lange und sehr intensiv weitergeführt werden. Andererseits wird man jetzt schon feststellen müssen, daß Maschinen niemals einen Willen besitzen und Verantwortung übernehmen werden; die "Entscheidungen" der Maschinen werden erst dadurch zu echten

1) Vgl. Steinbuch, K.: Kybernetik und Organisation, in: Zeitschrift für Organisation 1964, S. 97 ff.

Entscheidungen, daß der Mensch durch seine Unterschrift beziehungsweise durch das bloße Ingangsetzen der Maschine die Verantwortung übernimmt.

Das Ergebnis des Entscheidungsprozesses schlägt sich in Stellgrößen nieder; diese Stellgrößen können unterschiedliche Funktionen haben, und zwar differenziert man (je nachdem, ob es sich um realisationsverbundene oder realisationsentbundene Entscheidungen[1] handelt) wie folgt[2]:

1) Realisationsgebundene Stellgrößen (Stellgrößen II): In diesem Falle sind Entscheidung und Realisation verbunden, und die Stellgröße erfüllt eine unmittelbare Lenkungsaufgabe, indem sie als eine Handlung oder Maßnahme direkt auf die Regelstrecke einwirkt.

2) Realisationsentbundene Stellgrößen (Stellgrößen I): In diesem Falle wirkt die Stellgröße nicht direkt auf die Regelstrecke ein, sondern ist nur eine Information an nachgeordnete Elemente, die die Aufgabe haben, die Entscheidung des Reglers zu realisieren; hier sind zu unterscheiden

---

1) Dazu ist folgende Erläuterung notwendig: Die Entscheidung als solche und die Realisation der Entscheidung können entweder in einem einzigen Element zusammengefaßt (Bindung der Realisation an den Entscheidungsträger) oder aber auf verschiedene Elemente verteilt sein (Trennung von Entscheidung und Realisation); dementsprechend kann zwischen realisationsverbundenen und realisationsentbundenen Entscheidungen differenziert werden. Kybernetisch interessant ist vor allem der zweite Fall der realisationsentbundenen Entscheidungen, in welchem gewissermaßen ein Teil des Reglers abgespalten und in die Regelstrecke verlagert wird, wo für ihn dann die üblichen Merkmale der Regelstrecke (Beeinflussung durch den Regler, Störanfälligkeit) gelten; vgl. Grochla, Erwin: Die Träger der Betriebsplanung, in ZfhF 1958, S. 513.

2) Vgl. dazu auch Abbildung 11 dieser Arbeit.

a) unmittelbare Lenkungsinformationen in Form von präzisen Befehlen oder Anweisungen an nachgeordnete Schaltelemente, die als sogenannte Steuerbefehle bezeichnet werden[1].

b) Zielbestimmungsinformationen an nachgeordnete beziehungsweise untergeordnete Regelkreise in Form von konkreten Führungsgrößen oder als Planungsgrößen.

Beide Arten von Zielbestimmungsinformationen dürften unter dem weiter oben verwendeten Begriff der Planung im Sinne von Planungsentscheidungen (von Koch enger als "Budgetierung" bezeichnet) zu subsummieren sein. Die Planungsentscheidung ist eine spezielle Form des betrieblichen Entscheidungsprozesses, und ihr konkreter Inhalt ist die Formulierung von Führungsgrößen und Plandaten der verschiedensten Art.

§ 4.35 Die Begrenzungsfaktoren der Rationalität individueller Regelungsprozesse

Wie weiter oben bereits ausgeführt, wird im Falle der unvollkommenen Information und der unsicheren Erwartungen über den zukünftigen Verlauf der Regelstreckenzustände die objektive Rationalität der Maßnahmen des Reglers in der Weise eingeschränkt, daß er eine subjektive Bewertung der alternativen Lösungsmöglichkeiten durchführen muß, und dementsprechend sein Verhalten nur noch als subjektiv rational bezeichnet werden kann; bei völlig unsicheren Erwartungen wird es sogar problematisch, überhaupt noch von Rationalität zu sprechen.

---

1) Einfaches Beispiel: Anweisung an einen LKW-Fahrer, eine bestimmte Ladung zu einem bestimmten Zeitpunkt von einem Ort an einen anderen Ort zu transportieren.

Die Möglichkeit der subjektiven Bewertung durch den Regler setzt einen entsprechenden Handlungsspielraum voraus, aus dem eine entsprechende Indeterminiertheit des Anpassungsprozesses resultiert. Diese Art von Indeterminiertheit ist jedoch nicht negativ, sondern wertneutral zu beurteilen, weil sie im Grunde mit der Indeterminiertheit der Regelstrecke zwangsläufig und wesensnotwendig verbunden ist, denn im Wechsel einer dauernd sich ändernden Umwelt wird nur durch die Entfaltung der Varietät des Reglers gewährleistet, daß das System unter veränderten Umweltbedingungen Gleichgewichtslagen erreicht.

Abgesehen von dieser wesensnotwendigen Einschränkung der objektiven Rationalität gibt es jedoch noch eine Reihe von negativen Begrenzungsfaktoren der Rationalität, durch welche zusätzliche Risiken (Möglichkeiten der Fehlentscheidung) in den Regelungsprozeß hineingetragen werden[1]:

1) Neben der objektiven Unmöglichkeit der Informationsbeschaffung gibt es eine ganze Reihe von Faktoren, die den Regelungsprozeß mit weiterer Unsicherheit belasten; es handelt sich um

   a) Mängel in der Informationsübertragung, indem der Nachrichtengehalt durch technische oder semantische Störungen verfälscht wird;

   b) zu geringe Geschwindigkeit (träges Zeitverhalten) in der Informationsgewinnung, -übertragung und -verarbeitung, woraus zeitliche Verzögerungen der Anpassungsmaßnahmen resultieren.

2) Bei einer gegebenen Menge an erreichbaren Informationen und gegebenen Möglichkeiten der Kontrolle über die Variablen kann die subjektive Rationalität des einzelnen Reglers dadurch eingeschränkt werden, daß seine Selektionsfähigkeit und Fähigkeit der Voraussicht (Intelligenz) nicht der Varietät der Regelstrecke entspricht. Eine an sich mögli-

1) Vgl. dazu auch Angermann, A.: Kybernetik und betriebliche Führungslehre, a.a.O., S. 264.

che, "richtige" (unter den gegebenen Umständen rationale) Entscheidung oder Handlung wird verhindert durch

a) Mängel in der Informationsgewinnung

aa) Berücksichtigung falscher Fakten
ab) Fehlen relevanter Fakten

b) Mängel in der Informationsverarbeitung

ba) falsche Ableitung von Konsequenzen
bb) lückenhafte Ableitung von Konsequenzen
bc) unvollständige Betrachtung der Alternativen und Nebenbedingungen

c) Mängel in der Bewertung

ca) Irrtümer in der Anwendung von Wertmaßstäben
cb) Benutzung widersprüchlicher Wertmaßstäbe
cc) lückenhafte Bewertung (beispielsweise Vernachlässigung von an sich für das Wertempfinden wichtigen Konsequenzen).

Diese Begrenzungsfaktoren der Rationalität individueller Regelungsprozesse gehören teils in den Bereich der Faktorqualitäten, teils in die Organisation der Unternehmung. Vor allem das träge Zeitverhalten betrieblicher Regelungsvorgänge und die Mängel in der Selektionsfähigkeit (die nicht zuletzt darauf beruhen, daß die Zahl die Variablen Dimensionen erreicht, die für den unbewaffneten Intellekt nicht mehr zu bewältigen sind) bieten bevorzugte Ansatzpunkte für den Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen, die als Hochleistungsrechner und Selektionsverstärker (Intelligenzverstärker)[1] dazu beitragen können, die Begrenzungsfaktoren der Rationalität in den Regelungsprozessen der Unternehmung entscheidend zu beeinflussen.

---

1) Vgl. Beer, St.: Kybernetik, a.a.O., S. 157/158; Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 84; Nürck, R.: Steuerung, Regelung, Kybernetik, Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 339/340.

§ 4.4 Rückkopplungen z w e i t e r Ordnung (Erfahrungsregelung)

Weiter oben war dargestellt worden, daß die Voraussicht der Konsequenzen alternativer Verhaltensweisen entweder auf Erfahrungen oder auf einem inneren Modell der Außenwelt beruhen kann. Die Erfahrungsregelung, die nunmehr zu untersuchen ist, wird bestimmt durch ein Rückkopplungssystem zweiter Ordnung: Das einfache Regelkreisschema wird erweitert durch einen Lernmechanismus und den dazugehörigen Erfahrungsspeicher[1], in welchem der Regler die Erfahrungswerte speichert, die er in vorangegangenen Lernprozessen gesammelt hat; anders ausgedrückt: der Regler hat in vorangegangenen Anpassungsprozessen die rückgekoppelten Meldungen über Erfolg und Mißerfolg seiner Verhaltensweisen in Gedächtnisstrukturen gespeichert und auf diese Weise Erfahrungen gesammelt, an denen er sich in gleichartigen oder ähnlichen Entscheidungssituationen orientiert.

Als Beispiel für einen betrieblichen Regler, der Erfahrungen sammelt, bewertet und auswertet, kann im Produktionsbereich der Meister angeführt werden. Er besitzt einen Erfahrungsspeicher, aus dem er auf die konkrete Anforderung mit der günstigsten aller bereits erprobten Anpassungsmaßnahmen reagiert. "Meisterhafte" Funktionen im Sinne der Erfahrungsregelung erkennt man beispielsweise in der Tätigkeit des Fahrers, der den günstigsten Weg einschlägt, des Schweißers, der das Werkstück in die günstigste Lage bringt, aber auch jedes anderen Reglers (bis hinauf zur Unternehmensleitung), der ganz allgemein aus einer Reihe von Lösungsmöglichkeiten diejenige Entscheidung trifft, die nach seiner Erfahrung am besten zum Erfolg führen wird.

---

1) Vgl. dazu § 2.23 dieser Arbeit (Multistabilität)

Der Begriff der Erfahrungsregelung wird von Jakobi[1] in einem ganz bestimmten Sinne gebraucht, woraus sich eine besondere Problematik ergibt: Erfahrungen (im Sinne der Erfahrungsregelung) sind stets qualitativ und ganzheitlich. Die Elemente der erfahrenen Vorgänge sind integriert und werden als mehr oder weniger gefühlsmäßig bestimmter Komplex aufbewahrt. Erfahrungen können nur selten begründet werden, und ihre Weitergabe ist meist ausgeschlossen; Erfahrungen muß bekanntlich jeder selbst sammeln. Eine Unternehmung, die nur nach Erfahrungen geregelt wird, kann zwar Verfahren und Erzeugnisse zu hochwertiger Qualität entwickeln, wird aber kaum zu echten Neuerungen gelangen, weil diese dem Prinzip der Erfahrung widersprechen.

Um mögliche Mißverständnisse auszuschalten, muß deutlich hervorgehoben werden, daß die reine Speicherung von Daten (wie sie beispielsweise in größtem Umfang mit Hilfe von elektronischen Hochleistungsspeichern möglich ist) oder die statistische Aufbereitung von Zahlenmaterial zu Vorhersagezwecken noch keine Erfahrungsregelung im obengenannten Sinne darstellen. Erfahrungen entstehen erst dann, wenn in einem Rückkopplungsprozeß Erfolg oder Mißerfolg von Anpassungshandlungen festgestellt und die Ergebnisse in einem "Erfahrungsspeicher" aufbewahrt werden, so daß in gleichartigen Anpassungssituationen die Erfahrungswerte über die zweite Rückkopplungsschleife reaktiviert und die Verhaltensweisen dementsprechend ausgewählt werden können. Reine Datenspeicherungen beziehungsweise statistische Datenaufbereitungen gewinnen erst auf der Ebene der Rückkopplung dritter Ordnung Bedeutung, indem in die Modelle (beziehungsweise in die Regler der daraus resultierenden Programmregelkreise) vergangenheitsbezogene Datenverarbeitungs- oder Voraussagemechanismen eingebaut werden.

---

1) Vgl. Jakobi, Oskar: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 52/53.

§ 4.5 Rückkopplung d r i t t e r Ordnung

§ 4.51 Regelung über ein inneres Modell der Außenwelt

In einer dynamischen Situation, in der sich Umwelt und Unternehmung laufend verändern, in der also ständig neue Anforderungsarten an die Regler herangetragen werden, sind rationale Verhaltensweisen nur möglich, wenn ein Plus über Erfahrungen und Vorbilder aus früheren Anpassungssituationen vorliegt[1]. Anders ausgedrückt: Die Struktur eines Erfahrungsreglers reicht für die Bewältigung von Alternativen-Selektionen außerhalb seines spezifischen Erfahrungsbereiches nicht mehr aus und muß durch Auswahlmechanismen ergänzt werden, die als echte Denkvorgänge zu bezeichnen sind. Denkvorgänge in diesem Sinne bezeichnet Haseloff als "Aktivitätsstrukturen, die den Aufbau neuer Verhaltensmuster gegenüber erfahrungsarmen Situationen und die angepaßte Reorganisation und Anwendung des Gelernten[2], ermöglichen"[3].

Für die Untersuchung echter Denkvorgänge ist es zweckmäßig, den Regler als ein System mit einem inneren Modell der Außenwelt (Regelstrecke)[4] anzusehen. Das innere Modell besitzt Abbildstruktur, das heißt: der Regler besitzt ein Bild von der Regelstrecke und ist außerdem in der Lage, dieses Bild zu vervollkommnen und zu verbessern, indem alle Einwirkungen auf die Regelstrecke (Ent-

1) Vgl. Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, a.a.O., S. 23.

2) Durch die Reorganisation und Anwendung des Gelernten vollzieht sich der Übergang von der dritten Lernphase (vgl. § 2.23 dieser Arbeit) zu den Denkprozessen.

3) Vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen zur Struktur von Lernprozessen, a.a.O., S. 16.

4) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 138 ff.; Couffignal, L.: Grundbegriffe, a.a.O., S. 34.

scheidungen) zunächst probeweise an dem inneren Modell (als dem Abbild der Regelstrecke) vorgenommen und die Entscheidungen erst auf der Grundlage dieser "Modellexperimente" getroffen werden.

Das Abbild der Außenwelt ist nicht im Sinne von rein kausalen Resultaten einer Einwirkung dieser Außenwelt auf das System zu verstehen. Das Eintreffen eines Lichtstrahles auf der Netzhaut des Menschen ist dementsprechend noch kein Abbild einer Kerze. Von einem System mit einem Abbild der Umwelt kann man nur sprechen, wenn

1) innerhalb des Systems eine Teilstruktur vorhanden ist, die der Struktur der Umgebung (oder einem Teil dieser Struktur) isomorph ist, und

2) diese isomorphe Teilstruktur ständig dazu benutzt wird, Verhaltensweisen des Systems in dieser bestimmten Umgebung vorher modellhaft durchzuspielen[1].

Der wichtigste Träger eines inneren Modells der Außenwelt ist selbstverständlich der Mensch, und sein inneres Modell wird als Bewußtsein bezeichnet; das Bewußtsein ist das gedankliche Bild, das sich der Mensch von seiner Außenwelt macht.

Die Voraussetzung einer Teilstruktur innerhalb des Systems, die der Struktur der Regelstrecke völlig isomorph ist, stellt selbstverständlich einen Idealfall dar, der nicht immer gegeben ist. In vielen Fällen ist die Regelstrecke so komplex, daß sie für den Regler nicht mehr direkt überschaubar ist und das Bild der Außenwelt durch ein vereinfachtes Gedankenmodell ersetzt werden muß; an die Stelle einer isomorphen Beziehung zwischen Modell

1) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 138.

und Wirklichkeit tritt dann eine vereinfachte Homomorphierelation. Die Reduktion des inneren Abbildes der Umwelt auf reine Gedankenmodelle der Regelstrecken macht es dementsprechend notwendig, den Entscheidungsprozeß neu zu definieren: Entscheidungen, die auf echten Denkvorgängen beruhen, sind als Prozesse der Anpassungsplanung zu bezeichnen, die sich in folgenden Stufen vollziehen[1]:

1) Aufbau interner hypothetisch-konstruktiver Modelle;
2) Experimentelle Modifikation solcher Modelle vor oder während der problembezogenen Anwendung;
3) Strategische Alternativen-Selektion innerhalb eines Modells mit Ungewißheit und Wagnis.

Als Modell[2] bezeichnet man ganz allgemein die Darstellung eines Untersuchungsobjektes, die der Vorhersage und Lenkung eines Ablaufes dient, indem sie Aufschluß darüber gibt, wie sich gewisse Veränderungen des abgebildeten Sachverhaltes auswirken können. Ein Modell ist die Simulation (also die gedankliche Vorwegnahme) einer konkreten Situation der Realität, in dem bestimmte Vorgänge unter Veränderung der Bedingungen beliebig oft wiederholt werden können, ohne daß einerseits die tatsächliche Situation in irgendeiner Weise verändert zu werden braucht und andererseits der Zeitablauf bis zur tatsächlichen Veränderung abgewartet werden müßte; in diesem Sinne kann man von einem Regelkreis mit einer gedanklichen Regelstrecke sprechen, der so oft durchlaufen wird, bis die gewollte Wirkung erreicht wird[3].

---

1) Vgl. Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen zur Struktur von Lernprozessen, a.a.O., S. 16.

2) Der Begriff des Modells ist nunmehr immer im Sinne von "Gedankenmodell" zu verstehen.

3) Vgl. Churchman, C.W.: Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 151.

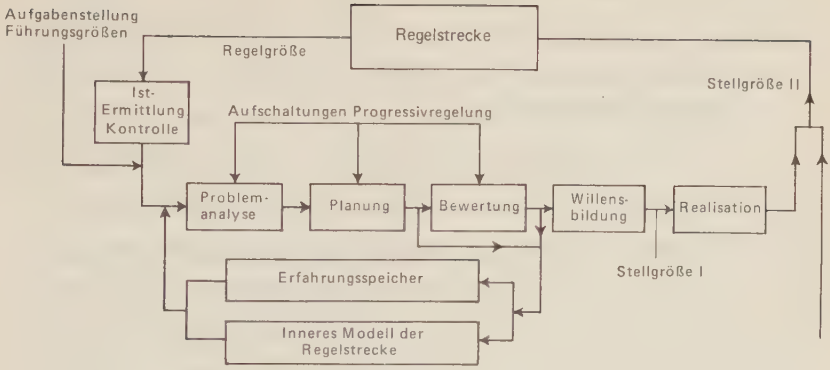

Abb. 11: Erweitertes Blockschaltbild des individuellen Regelungsprozesses

In dem Prozeß der Modellbildung werden darüberhinaus selbstverständlich laufend Informationen über die tatsächlichen Reaktionen der Regelstrecke auf die Entscheidungen zugeführt, die aufgrund der Anwendung eines Modells getroffen wurden; diese Informationen werden verarbeitet und gegebenenfalls in das Modell aufgenommen, so daß eine laufende Verbesserung und Vervollkommnung stattfindet. Man wird dementsprechend feststellen können, daß in Entscheidungen höchster Ordnung auch eine Erfahrungsregelung (Rückkopplung zweiter Ordnung) neben dem Regelungsprozeß über ein inneres Modell der Regelstrecke (Rückkopplung dritter Ordnung) wirksam ist. Es können folgende Arten von Modellen unterschieden werden[1]:

1) Vgl. Churchman, C.W./Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 151 ff.; Couffignal, L.: Grundbegriffe, a.a.O., S. 77/78.

1) Bildhafte Modelle

2) Analogmodelle

3) Reine Gedankenmodelle

   a) formale (mathematische) Modelle
   b) dialektische Modelle

Für die Untersuchung vorwiegend quantitativer Zusammenhänge (im Sinne einer Optimalregelung) werden symbolische (mathematische) Modelle verwendet. In der traditionellen Unternehmungstheorie stand dabei die Marginalanalyse (Infinitesimalrechnung) im Vordergrund, während in der modernen Entscheidungstheorie das Schwergewicht auf dem großen Komplex der Modelle des sogenannten Operations Research liegt. In Entscheidungssituationen, die durch qualitative Merkmale und Aussagen gekennzeichnet sind, werden dialektische (deskriptive) Modelle angewendet. Ein dialektisches Modell ist (nach Couffignal) ein aus der Logik eines gegebenen Mechanismus bestehendes, sprachlich ausgedrücktes Modell[1], das allerdings meist durch quantitative Überlegungen (in Form von Rechenoperationen) ergänzt wird.

Ein Beispiel für ein ganz primitives Gedankenmodell ist die Orientierung eines Handwerkers an seiner Geldlade, durch welche er Einnahmen und Ausgaben in Einklang zu bringen sucht. Als Gedankenmodelle in komplizierteren Lagen sind beispielsweise die Aufstellung von Kostenverteilungen oder die Ermittlung von Produktivitäts- oder Rentabilitätskoeffizienten zu nennen[2]. Ganz allgemein wird man sagen können, daß mit steigender Zahl der relevanten Faktoren die Gedankenmodelle umfangreicher werden müssen:

---

1) Vgl. Couffignal, L.: Grundbegriffe, a.a.O., S. 77.

2) Vgl. Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, a.a.O., S. 23.

Während unter relativ statischen Wirtschaftsbedingungen handfeste Maximen genügen (Beispiel: der Gemeinplatz "Zeit ist Geld", der nur das Wortbild eines Gedankenmodelles ist), müssen in einer dynamischen Wirtschaft die Modelle sehr viel subtiler und präziser gestaltet werden, denn zu primitive (oder falsche) Modelle bilden zusätzliche Störfaktoren, die die Varietät ("Rauschen") der Regelstrecke vergrößern[1].

Grundsätzlich sind Modelle mit beliebiger Anzahl von beeinflußbaren und nicht beeinflußbaren Variablen denkbar. Andererseits werden die Berechnungen mit zunehmender Zahl der Variablen immer komplizierter, und die Auswahl (Selektion) kann mit dem unbewaffneten Intellekt nicht mehr bewältigt werden. Die Darstellung komplizierter Zusammenhänge mit einer Vielzahl von Variablen und Konstanten in entsprechenden Modellen erfordert eine Verstärkung der Selektionsfähigkeit (Intelligenzverstärkung) durch elektronische Datenverarbeitungsanlagen. Im Zusammenhang mit der elektronischen Datenverarbeitung sind vor allem die sogenannten "decision games" (Planspiele)[2] zu nennen, die in zunehmendem Maße für die Simulation von Entscheidungssituationen mit einer großen Anzahl von Einflußfaktoren eingesetzt und auf den entsprechenden Datenverarbeitungsanlagen (Simulatoren) durchgerechnet werden.

Exkurs: Das Verhältnis von Operations Research und Kybernetik

Im Zusammenhang mit den mathematischen Modellen war der große Komplex des sogenannten Operations Research erwähnt worden. In

1) Vgl. Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, a.a.O., S. 24.

2) Vgl. Helfors, Sven: Management-Datenverarbeitung-Operations Research, a.a.O., S. 86/87.

der Literatur werden häufig die Beziehungen zwischen Operations Research und Kybernetik falsch dargestellt, indem beide etwa gleichgesetzt werden. Es scheint daher erforderlich, die tatsächlichen Zusammenhänge kurz darzustellen: Versteht man den Begriff des Operations Research im Sinne von Systemforschung und Systemanalyse, so ist es tatsächlich richtig, von einer gewissen Verwandtschaft der beiden Wissensgebiete zu sprechen. Bezeichnet man jedoch mit dem Begriff des Operations Research die derzeit vorhandenen Verfahren und Modelle, so ergibt sich ein wesentlicher Unterschied, weil diese Modelle nur einen relativ kleinen Ausschnitt innerhalb einer umfassenden Systemtheorie auf kybernetischer Grundlage beziehungsweise einen Teilaspekt innerhalb des dynamischen Regelungsprozesses darstellen.

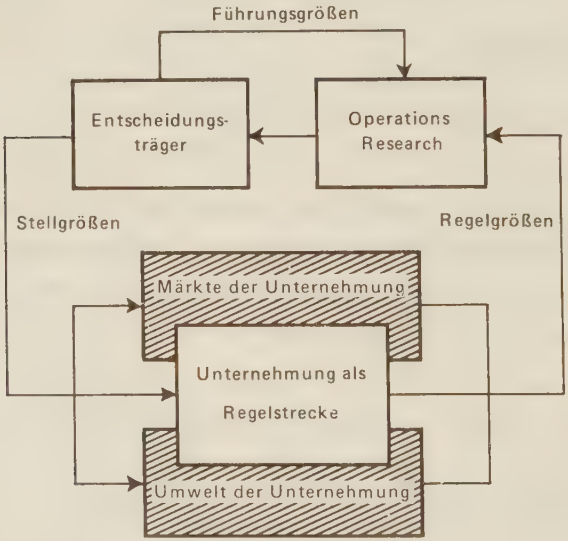

Abb. 12: Die Stellung des Operations Research-Modelles innerhalb des kybernetischen Regelkreises [1]

1) Vgl. Adam, A.: Betriebskybernetik, in: Unternehmensforschung 1960, S. 45.

Die Kybernetik ist eine dynamische Theorie, die von einem Vorzugszustand ausgeht, der in einem kontinuierlichen Prozeß unter Anwendung von Taktiken (prozessualen Entscheidungen) laufend angestrebt wird. Demgegenüber sind die bis jetzt entwickelten konkreten Modelle des Operations Research statische Modelle, aus denen immer nur Letztentscheidungen hervorgehen können. Der Rechenvorgang als solcher zerfällt zwar unter Umständen in eine große Anzahl von Teiloperationen, dem eigentlichen Entscheidungsvorgang liegt jedoch eine Taktik der Ordnung Null[1] zugrunde.

Auch die vielseitige Spieltheorie ist bei genauerer Betrachtung eine statische Theorie, weil die bis jetzt vorliegenden Lösungsverfahren immer auf eine Letztentscheidung zugeschnitten sind. In ihr deutet sich allerdings an, daß der Unterschied zwischen Statik und Dynamik im sozialen Bereich ganz anders geartet sein kann als in der Physik, aus der die gegenwärtigen Vorstellungen über das Verhältnis Dynamik/Statik kommen: So darf man nicht vergessen, daß die Spieltheorie beispielsweise ein Pokerspiel erklärt, und es dürfte sich kaum etwas "Dynamischeres" als ein solches Spiel mit all seinen Aufregungen, Zügen und Gegenzügen, mit vielen Bluffs und Schwankungen des Zufallsfaktors denken lassen[2].

Eine echte Ausnahme von der statischen Modellbildung stellen im betriebswirtschaftlichen Bereich jene Modelle dar, die in Analogie zur sogenannten Servomechanismus-Theorie aufgebaut werden[3].

1) Vgl. § 2.12 dieser Arbeit.

2) Vgl. Morgenstern, O.: Die Theorie der Spiele und des wirtschaftlichen Verhaltens, a.a.O., S. 139.

3) Vgl. dazu Holz, Charles C. und Simon, Herbert A: Optimal Decision Rules for Production and Inventory Control, in: Proceedings of the Conference on Production and Inventory Control (Case Institute of Technology), Cleveland 1954, S. 73 ff; Simon, Herbert A: On the Application of Servomechanism Theory in the Study of Production Control, in: Econometrica 1962, S. 247 ff; Truninger, Paul: Die Theorie der Regelungstechnik als Hilfsmittel des Operations Research, in: Industrielle Organisation, Schweizerische Zeitschrift für Betriebswirtschaft 1961, S. 475 ff.

Als Beispiel soll hier das Lagerhaltungsmodell von Vassian[1] kurz dargestellt werden, daß eine optimale dynamische Nachbestellmengenregel liefert:

$$(19) \qquad \varphi_k = C_k^+(T+1) - \sum_{j=1}^{T} \varphi_{k-j} - (I_k - I_p)$$

Diese optimale Nachbestellregel, die am Ende der k-ten Periode angewendet wird, berücksichtigt drei Faktoren:

1) $C_k(T+1)$ = die voraussichtlichen Kundenaufträge während der Lieferzeit T (also bis zum tatsächlichen Eintreffen der Nachbestellung) zuzüglich einer weiteren Periode.

2) Die Summe der bereits laufenden (aber noch nicht eingetroffenen) Nachbestellmengen φ_{k-j}, die in den Zeitpunkten k-1, k-2 ..... k-j aufgegeben worden sind, wobei die Zahl der noch unerledigten Nachbestellungen von der Lieferzeit T abhängt.

3) Die Abweichungen des Lager-Istbestandes I_k vom Lager-Sollbestand (Sicherheitsbestand) I_p am Ende der k-ten Periode, also im Zeitpunkt der Berechnung der Nachbestellung.

Gleichung (19) ist eine echte dynamische Nachbestellmengenregel, denn sie vereint in sich Zukunftsgrößen (zukünftige Kundenbestellungen), Vergangenheitswerte (in der Vergangenheit ermittelte Stellgrößen) und Gegenwartswerte (Lagerbestandsabweichungen im Zeitpunkt der Neuberechnung). Für den Fall, daß der Sicherheitsbestand richtig gewählt ist und die Voraussagefehler normal ver-

1) Vassian, Herbert J.: Application of Discrete Variable Servo Theory to Inventory Control, in: Journal of the Operations Research Society of America 1955, S. 272 ff.

teilt sind, liefert diese Gleichung die Stellgröße in einem automatisch rückgekoppelten System, die jede Sicherheit gegen Fehlmengen bietet und dabei gleichzeitig die Lagerbestände (und damit die Lagerhaltungskosten) minimiert.

§ 4.52 Die Formen der Rückkopplung dritter Ordnung

§ 4.521 Optimalregelung

In einer modernen Wirtschaft wird die Erfahrungsregelung mehr und mehr durch eine Optimalregelung[1] verdrängt, die die einzelnen Vorgänge in ihre Elemente zerlegt und konkrete, ziffernmäßig erfaßbare Daten ermittelt und diese verarbeitet, die also auf eine strenge Quantifizierung des Regelungsvorganges ausgerichtet ist. Je weniger Daten allerdings vorhanden sind, desto mehr muß auf Erfahrungen zurückgegriffen werden. Da stets ein nicht quantifizierbarer, oft erheblich großer Rest bleibt, ist eine Erfahrungsregelung stets notwendig, heute allein aber nicht mehr ausreichend. Es gilt der Satz: Die Erfahrungsregelung muß auf das Nicht-Quantifizierbare beschränkt werden.

Optimal ist diejenige Lösung, die sich aus zweckmäßigsten Lösungselementen in günstigster Weise zusammensetzt. Eine optimale Lösung erfordert also eine Analyse des Regelungsvorganges nach der Taylor-REFA-Formel: Zerlegen, Messen, Vergleichen und Neufügen. Hier liegt das eigentliche Anwendungsgebiet für den großen Komplex der Operations Research-Verfahren, und dementsprechend ist die Zahl die Grundlage der Optimalregelung. Die Vorgänge, die sich zunächst als Qualitäten anbieten, müssen durch Messungen und

1) Vgl. Jakobi, O.: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 53.

Zählungen quantifiziert werden. Die Entwicklung der elektronischen Datenverarbeitung hat gezeigt, daß eine Abgrenzung der Quantifizierbarkeit heute noch gar nicht möglich ist und daß man Vorgänge, die sich noch vor wenigen Jahren wegen ihrer Komplexität oder wegen ihres großen Anteils an "Unwägbarkeiten" der Berechnung entzogen, doch quantifizierbar und berechenbar sind. Sie hat ferner gezeigt, daß die Treffsicherheit einer Lösungsmöglichkeit mit der Quantifizierbarkeit der Lösungselemente wächst.

Eine optimal geregelte Unternehmung besitzt selbstverständlich sowohl eine technische als auch eine kaufmännische Optimalregelung, die über Informationssammelzentren (Marktbeobachtung, Rechnungswesen) die für die Regelung erforderlichen Daten erhält, aus denen dann (beispielsweise) die günstigsten Produktionsprogramme hervorgehen; die erforderliche gleichbleibende Qualität und Leistung der Produktion wird dann weitgehend über Konstanzregelungen gelenkt.

Nach Jakobi ist es charakteristisch für die Optimalregelung, daß die günstigste Lösung in deren Elementen immer schon vorhanden ist; die Optimalregelung hat lediglich alle gegebenen Möglichkeiten auszuwerten und kommt zwangsläufig zur besten (aber irgendwie immer schon vorhandenen) Lösung. Hier liegen auch ihre Grenzen: Weil sie immer nur zwischen bereits bekannten Lösungsmöglichkeiten wählt, wird sie niemals neue Lösungen oder Lösungselemente finden, die über die günstigste Zusammensetzung bekannter Elemente hinausgehen. Hier liegt auch gleichzeitig die Grenze elektronischer Datenverarbeitungsmaschinen: sie verarbeiten Vorhandenes, können aber niemals Neues entdecken[1].

1) Vgl. Jakobi, O.: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 53.

§ 4.522 Progressivregelung

Ein wesentlicher Mangel der Optimalregelung besteht darin, daß sie sich darauf beschränkt, quantitativ bestimmte Probleme in formale Modelle umzuwandeln, beziehungsweise vorhandene mathematische Modelle auf derartige Problemstellungen anzuwenden; sie ist also nicht in der Lage, die in einer dynamischen Wirtschaft notwendigen wirtschaftlich-technischen Neuentwicklungen und die damit verbundenen qualitativen Regelungsprozesse zu bewältigen.

Wirtschaftlich-technische Neuerungen werden heute in den seltensten Fällen durch den "Erfinder" (also als mutative Veränderungen) geschaffen, sondern müssen in mühevoller Kleinarbeit "entwickelt" werden. Für derartige Entwicklungsarbeiten eignet sich der Erfinder im alten Sinne ohnehin sehr schlecht, weil ihm die systematische Arbeitsweise, die Fähigkeit zur Teamarbeit und zur laufenden Einregelung der Unternehmung in neue Verfahren fehlen; meist ist er von einer zu großen Änderungsfreudigkeit besessen, die zu unstabilen Schwingungen der Regelkreise führen kann.

Allerdings setzt die Entwicklungsarbeit auch eine schöpferische Komponente voraus und dementsprechend muß die Progressivregelung[1] schöpferische und systematische Arbeit miteinander koppeln. Die schöpferische Leistung beginnt bereits mit der Aufgabenstellung, und es ist ein wesentliches Merkmal der Progressivregelung, daß ihre Führungsgrößen ganz allgemein und umfassend formuliert und nicht im einzelnen fest umrissen sind; im Rahmen dieser allgemein formulierten Ziele soll sich die Progressivregelung dann ihre Aufgaben selbständig stellen.

1) Vgl. Jakobi, O.: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 53 ff.

Die systematische Arbeit umfaßt im wesentlichen das Arbeitsprogramm, das die Ermittlung und Analyse der Regelstreckenzustände sowie die Aufstellung der Pläne (Modelle) vorsieht. Wesentlich für die systematische Arbeitsweise der Progressivregelung ist neben der Koppelung von schöpferischer und systematischer Arbeit die unbeschränkte Zahl von "Aufschaltungen", die dazu dienen, alle Möglichkeiten der Benutzung von Fremdinformationen (beispielsweise aus der überbetrieblichen Zusammenarbeit in Ausschüssen, gegenseitigen Beratungen, Tagungen und Literatur) und der Kritik und damit der Wahrheitsfindung, der Phantasieanregung und der Mittelfindung auszunutzen; die dazu erforderliche Zusammenarbeit geht quer durch alle Abteilungen.

Die Systematik ist der Nährboden für den schöpferischen Gedanken, der sich selbst jeder Systematik entzieht[1] und ein neues Element für einen Plan ist, der neuartig (und dabei selbstverständlich auch optimal) sein soll. Die Progressivregelung macht die Unternehmung nicht nur anpassungsfähig, sondern auch fortschrittlich (im Sinne von Anpassung an eine dynamisch sich ändernde Umwelt), indem die Neuerungen systematisch und nicht zur zufällig und mutativ eingeführt werden. Sie hat sich aus den vorhandenen, älteren Regelungsarten entwickelt, ersetzt diese aber nicht etwa, sondern tritt zu ihnen hinzu. Es ist in diesem Zusammenhang ausdrücklich darauf

1) Im Zusammenhang mit der Indeterminiertheit dynamischer Systeme (vgl. § 1.3 dieser Arbeit) war ausgeführt worden, daß Indeterminiertheit durchaus nichts Negatives, sondern vielmehr die Voraussetzung dafür ist, daß das Neue und Unerwartete in der Welt geschieht. Es besteht sogar Grund zu der Annahme, daß schöpferische Leistungen des Menschen auf einem Rest von echter Zufälligkeit oder Varietät basieren und der schöpferische Mensch eine Menge zufälliger Neuronenverbindungen besitzt, die wohl kaum jemals durch elektronische Maschinen nachgebildet werden können.

hinzuweisen, daß in eine Progressivregelung neben der Vielzahl von qualitativen Zusammenhängen selbstverständlich auch eine Reihe von Rechenoperationen eingehen müssen, daß also die Optimalregelung gewissermaßen die quantitative Grundlage für die Progressivregelung darstellt.

Als Beispiel für einen konkreten Fall der Progressivregelung soll hier die Entwicklung eines neuen Produktes dargestellt werden: Die Entwicklungsabteilung erhält aus der Regelstrecke "Absatzmarkt" (Nachfrage) eine technische und von einer kaufmännischen Optimalregelung eine entsprechende wirtschaftliche Aufgabenstellung. Der von ihr ausgearbeitete Plan geht an die Unternehmensleitung, die in diesem Fall als Optimal- und Erfahrungsregelung arbeitet. Während dieser Entwicklungsphase sorgt eine Konstanzregelung für eine gleichbleibende Qualität und Leistung der laufenden Produktion. Mit einer als Fachberatung durchgeführten Werbung wirkt die Entwicklungsabteilung auf die Regelstrecke "Absatzmarkt" ein.

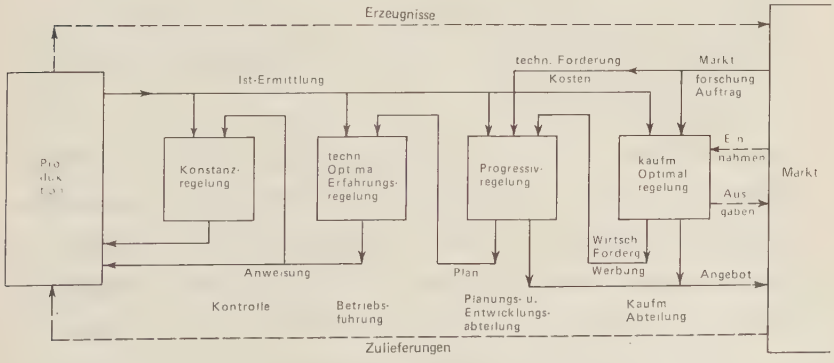

Abb. 13: Progressivregelkreis zur Entwicklung und Einführung eines neuen Produktes

Wie bereits oben ausgeführt, wird durch Einführung der Regelungsarten die bisherige Unterscheidung zwischen Produktionsfaktor Arbeit und dispositivem Faktor sowie zwischen Routineentscheidungen und Führungsentscheidungen überflüssig. Es gibt nunmehr nur noch das Systemelement "menschliche Arbeitskraft", das (in der Kombination zwischen alter und neuer Terminologie) folgende Funktionen ausüben kann:

1) Routineentscheidungen (exekutive Entscheidungen)

   a) Konstanzregelung
   b) Programmregelung

2) Führungsentscheidungen (dispositive Entscheidungen), die als Entscheidungen im eigentlichen Sinne zu bezeichnen sind, weil in ihnen eine Auswahl zwischen mehreren Alternativen getroffen wird

   a) Erfahrungsregelung
   b) Optimalregelung
   c) Progressivregelung

Die Progressivregelung ist eindeutig die höchste Stufe innerhalb der Regelungsarten; ohne sie ist ein Anpassungsprozeß einer Unternehmung innerhalb einer dynamischen Wirtschaft undenkbar. Entscheidungen auf dieser Ebene werden als Führungsentscheidungen im engeren Sinne bezeichnet.

Führungsentscheidungen (echte Entscheidungen) betreffen Probleme, die entweder ihrer Natur nach einmalig sind oder jeweils in wesentlich unterschiedlichen Erscheinungsformen auftreten. Routineentscheidungen erlauben (oder erfordern sogar) generelle Regelungen, weil für sie einheitliche Ziele und die dazugehörigen Anpassungsmaßnahmen über gewisse Zeiträume festgelegt werden können. Andererseits muß einer Routineentscheidung ein echter Entscheidungsprozeß grundsätzlich einmal vorangegangen sein, ist jedoch nicht

ein für allemal festgelegt. Im übrigen ist zu der Unterscheidung anzumerken, daß weder die Höhe der Instanz innerhalb der Hierarchie, noch der "Streitwert" der Entscheidung, sondern immer nur die Art des Entscheidungsproblems ein Kriterium dafür bilden, ob eine Führungsentscheidung oder eine Routineentscheidung vorliegt. Führungsentscheidungen können durchaus auf niedriger Ebene fallen: Toleriert beispielsweise ein Meister einen Ausschuß in der Produktion, trifft er eine (negative) Führungsentscheidung und muß dafür die Verantwortung übernehmen[1].

§ 5 Anpassung der Unternehmung durch k o l l e k t i v e Regelungsprozesse (Theorie der Organisation)

§ 5.1 Die Organisationstheorie als Theorie kollektiver Regelungsprozesse

Es muß im Rahmen dieser Arbeit darauf verzichtet werden, Details aus der bisher bekannten betriebswirtschaftlichen Organisationsliteratur darzustellen. Stattdessen ein kurzer Gesamtüberblick: Betriebliche Organisationsprobleme wurden bisher in einer praktisch orientierten Organisationslehre behandelt, die kein echtes theoretisches Fundament besaß und sich im wesentlichen auf die Darstellung von Gegensatzpaaren beschränkte. Die Grundlagen der Organisationslehre sind in dem sogenannten "scientific-management" von Taylor zu suchen, dessen Ansatz später durch die Einbeziehung von Motiven der Organisationsmitglieder erweitert wurde, ohne

1) Vgl. Illetschko, L.L.: Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, a.a.O., S. 26.

daß jedoch der Status einer mehr oder weniger kasuistischen Rezeptlehre überwunden werden konnte.

Das größte Hindernis auf dem Wege von der Organisationslehre zu einer Organisationstheorie bestand in der Tatsache, daß es niemals echte Versuche gegeben hat, die Probleme der Organisation in den Rahmen der allgemeinen betriebswirtschaftlichen Theorie zu integrieren. Diese Trennung zwischen Organisationslehre und betriebswirtschaftlicher Theorie wiederum ist im wesentlichen darin begründet, daß das traditionelle Gleichgewichtsmodell auf der Fiktion des homo oeconomicus basierte und daher von einer Reihe von vereinfachenden Annahmen ausging, von denen in diesem Zusammenhang die Prämisse der Entscheidungseinheit von Interesse ist, aus der sich folgende Konsequenzen ergeben[1]:

1) Nur der Unternehmer ist in der Lage, Entscheidungen zu treffen (die im übrigen aufgrund der übrigen Prämissen des Modells zwangsläufig rational sein müssen), so daß die Ziele des Unternehmers automatisch mit den Zielen der übrigen Beteiligten identisch sind, die dann nur noch als willenlose Produktionsfaktoren manipuliert werden; dementsprechend brauchen

2) die unterschiedlichen Grade der Verhaltensrationalität (aufgrund unterschiedlicher Selektionsfähigkeit) und die Unterschiede in den Präferenzstrukturen der einzelnen Organisationsteilnehmer (Interessen- und Zielkonflikte aus unterschiedlichen Motivationen und Zielvorstellungen) nicht berücksichtigt zu werden, und

---

1) Vgl. Albach, Horst: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 240/241.

3) keine Reibungsverluste durch die Notwendigkeit der Bildung einer Kommunikationsstruktur angenommen zu werden.

Aus der Existenz einer Organisationslehre kann abgeleitet werden, daß auch in der traditionellen Betriebswirtschaftslehre die Probleme der Organisation durchaus gesehen werden. Durch die Prämissen des Gleichgewichtsmodells wird jedoch das Phänomen "Organisation" zunächst ganz einfach neutralisiert und erst anschließend über die Gegensatzpaare wieder in die Diskussion eingeführt, ohne daß jedoch eine logisch-theoretische Verbindung hergestellt werden kann.

Ein moderner Ansatz kann nur auf einer Ganzheitsbetrachtung basieren: Die Organisation kann nur als integrierter und integrierender Bestandteil des sozialen Gesamtsystems "Unternehmung" gesehen werden, und dementsprechend ist auch eine moderne betriebswirtschaftliche Organisationstheorie nur im Rahmen einer umfassenden, realitätsbezogenen Unternehmungstheorie denkbar. Die Prämisse der Entscheidungseinheit und der objektiven Rationalität der Verhaltensweisen aller Organisationsteilnehmer werden aufgehoben, und im gleichen Augenblick entsteht das Problem der Organisation.

Die Aufhebung der Prämisse der Entscheidungseinheit (Regelungseinheit) bedeutet, daß nun nicht mehr nur ein einziger Regler (der Unternehmer) in der Lage ist, Anpassungsmaßnahmen auszuarbeiten und echte Entscheidungen (im Sinne von Alternativenselektion und -bewertung) zu treffen, sondern daß der Gesamtregelungsprozeß in eine Vielzahl von Komponenten zerlegt wird, die auf die Elemente (oder Elementarsysteme) übertragen und anschließend wieder in Richtung auf eine Gesamtentscheidung koordiniert werden müssen. Der individuelle Regelungsprozeß wandelt sich auf diese Weise zu einem kollektiven Regelungsprozeß, wobei die Schaltelemente (so-

fern sie zum Produktionsfaktor Arbeit gehören) nicht mehr als passive Produktionsfaktoren angesehen werden können, die nur determiniert reagieren, sondern den Status von "problem solvers" und "decision makers" erhalten[1].

Aus der Funktionsteilung und der Tatsache, daß die Schaltelemente des Systems als aktive "problem solvers" und "decision makers" angesehen werden, ergibt sich eine ganze Reihe von Konsequenzen[2]:

1) Es muß eine Kommunikationsstruktur gebildet werden, aus der Reibungsverluste entstehen können.

2) Da die Organisationsmitglieder echte informationsverarbeitende Systeme mit einer spezifischen Struktur sind, muß davon ausgegangen werden, daß sich die Besonderheiten ihrer Struktur in den Entscheidungen und Handlungen niederschlagen:

   a) ihr Handeln wird (unterschiedlich stark) durch individuelle Begrenzungsfaktoren der Rationalität beeinflußt, wodurch die Qualität der Regelungsmaßnahmen bestimmt wird (Situation der unterschiedlichen Verhaltensrationalität).

   b) In den Handlungen und Entscheidungen der Funktionsträger werden sich deren spezifische Wertvorstellungen, Motive und Ziele (Präferenzstrukturen) niederschlagen, so daß sich Unterschiede in der Rationalität einer Maßnahme vom Standpunkt der Unternehmung und des Indi-

---

1) Vgl. March, J.G. und Simon, H.A.: Organizations, a.a.O., S. 6.

2) Vgl. (in Umkehrung etwa): Kreikebaum, Hartmut: Neuere Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der Organisationstheorie, in: ZfB 1965, S. 664.

viduums ergeben können (Situation der Zielkonflikte zwischen Gruppe und Individuum).

Die Struktur der verschiedenen Regler kann auf diese Weise zu einer Regelstrecke aller übrigen Regler werden und ist aus der Sicht dieser Regler indeterminiert, woraus eine innerbetriebliche Erwartungsbildung resultiert. Ferner ist aus dem zweiten Punkt eine weitere Schlußfolgerung zu ziehen: Wenn die Organisationsteilnehmer eigene Präferenzstrukturen besitzen, kann nicht mehr davon ausgegangen werden, daß die Zielsetzung (das Wertsystem) der Unternehmung a priori gegeben ist. Vielmehr wird es erst im Laufe der Entstehung der Organisation durch Ausgleich der unterschiedlichen Zielvorstellungen gebildet und kann sich außerdem im Zeitablauf verändern[1]; das Wertsystem (Zielsystem) wird damit selbst zum Gegenstand des internen kollektiven Regelungsprozesses[2].

Die Problematik des kollektiven Regelungsprozesses läßt sich folgendermaßen formulieren: Mit zunehmender Anzahl der beteiligten Systemelemente wird die Aufgabe einer reibungslosen Koordination aller dieser Elemente in überproportionalem Ausmaß schwieriger, weil die einzelnen Komponenten des Regelungsprozesses mit immer größer werdender Wahrscheinlichkeit nicht die beabsichtigte Gesamtverhaltensweise E_k, sondern infolge Reibungen, Informationsverlusten, Informationsverzerrungen und Abweichungen vom kollektiven Wertsystem eine unbeabsichtigte Gesamtverhaltensweise E_u

1) Vgl. Leibenstein, Harvey: Economic Theory and Organizational Analysis, a.a.O., S. 154; Cyert, R.M. und March J.G.: A Behavioral Theory of Organizational Objectives, a.a.O., S. 76 ff.

2) Vgl. dazu auch § 5.2 (Entstehung einer Organisation durch Bildung eines kollektiven Wertsystems) dieser Arbeit.

erreichen[1]. Durch diese Störungen wird die Rationalität der Gesamtverhaltensweise im Hinblick auf das angestrebte Ziel eingeschränkt, und man spricht in diesem Zusammenhang von den Begrenzungsfaktoren der Rationalität kollektiver Regelungsprozesse. Bei diesen Begrenzungsfaktoren handelt es sich zunächst um die bereits bekannten Begrenzungsfaktoren der Rationalität individueller Regelungsprozesse, von denen selbstverständlich auch die kollektive Rationalität beeinflußt wird: Mängel im Kommunikationssystem (Störungen und Zeitverzögerungen) sowie die begrenzten Fähigkeiten der Funktionsträger in der Auswahl und Bewertung der Alternativen. Zu diesen treten nunmehr jedoch eine Reihe weiterer Faktoren hinzu, die daraus zu erklären sind, daß zwischen der Rationalität vom Standpunkt der Unternehmung und vom Standpunkt des Individuums gewisse Unterschiede bestehen. Es sind dafür im einzelnen folgende Gründe zu nennen[2]:

1) Die Handlungen und Entscheidungen der Funktionsträger beruhen häufig auf Routine, Gewohnheiten und unbewußten Reaktionen.

2) Die persönlichen Ziele, Wertungen, Motivationen und Interessen (Präferenzstrukturen) des einzelnen Funktionsträgers brauchen nicht mit den Gruppen- oder Organisationszielen übereinzustimmen.

3) Aus der Unterscheidung zwischen operationalen Zielen (konkreten Unterzielen) und nicht operationalen Zielen (nicht überprüfbaren Endzielen) können besondere Zielkonflikte entstehen, die im einzelnen folgende Ursachen haben:

   a) die Zielkonflikte können auf mangelndem Wissen der Funktionsträger beruhen, indem diese zwar die Wirkung einer Anpassungsmaßnahme auf ihren eigenen Regelungsbereich, nicht aber auf die Gesamtregelstrecke (und damit den Gesamterfolg) der Unternehmung kennen.

---

1) Vgl. Stahlmann, J.: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, a.a.O., S. 128.

2) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 59 ff. Albach, Horst: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 242.

b) Zwischen den verschiedenen Regelungsbereichen können Konfliktsituationen entstehen, wenn die Einzelziele der verschiedenen Regler einander widersprechen (Situationen des Gruppen- oder Organisationskonfliktes).

Gruppenkonflikte sind typisch für kollektive Regelungssituationen, in denen die Regler unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen oder die Situationen unterschiedlich beurteilen. Sie treten vorwiegend in Engpassituationen auf; typisches Beispiel sind die bekannten Spannungen zwischen den Präferenzen technischer und kaufmännischer Regelkreise[1].

Zusammenfassung: Im Mittelpunkt einer modernen Organisationstheorie steht der Regelungsprozeß, der nach Aufhebung der Prämisse der Entscheidungseinheit auf eine mehr oder weniger große Zahl von Funktionsträgern verteilt wird und nunmehr ein kollektiver Regelungsprozeß ist, der in Richtung auf ein angestrebtes Gesamtverhalten zu koordinieren ist, wobei dieses Gesamtverhalten durch die Begrenzungsfaktoren der Rationalität kollektiver Regelungsprozesse beeinflußt wird.

Die Organisationstheorie wird in diesem Sinne als eine Theorie der kollektiven Regelung aufgefaßt, die in die übergeordnete Unternehmungstheorie integriert werden muß. Der hier unternommene Versuch, die Organisation der Unternehmung gedanklich in den Griff zu bekommen, wird durch die zugrundegelegte Gesamtkonzeption eindeutig bestimmt, in welcher von einer kybernetisch fundierten Theorie äußerst komplexer, dynamischer Systeme ausgegangen wird, und in der sich Verhaltenstheorie (Funktionsseite) und Organisationstheorie (Strukturseite) zu einer Synthese verbinden. Da

---

1) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion der Unternehmung, a.a.O., S. 64.

letzten Endes weder die Verhaltensweisen noch der Zusammenhang dynamischer Systeme mit ihren Teilsystemen (Organisation) für sich allein von Interesse sind, sondern immer nur die daraus resultierende Qualität des Gesamtsystems, nämlich Stabilität und Gleichgewicht, und diese Systemqualitäten nur aus dem Zusammenwirken dieser beiden Komponenten entstehen können, ist es sinnlos, Regelungsprozesse oder Organisation isoliert zu untersuchen. Nicht das System als solches wird organisiert, sondern letztlich der Regelungsprozeß, der auf eine Vielzahl von Funktionsträgern verteilt werden muß und auf diese Weise in einen kollektiven Regelungsprozeß verwandelt wird. Man wird sagen können: Die Organisationstheorie ist als Bestandteil einer umfassenderen Theorie der Unternehmung eine Theorie der Organisation des Regelungsprozesses und damit (wegen der Kollektivierung des Regelungsprozesses) eine Theorie der kollektiven Regelung.

In dem auf diese Weise abgesteckten Rahmen kann eine Definition von Kosiol[1] verwendet werden, der die Organisation als "integrative Strukturierung von Ganzheiten" bezeichnet. Schneidet man diese Definition auf die Besonderheiten eines offenen dynamischen Systems zu, so wird man formulieren können: Organisation ist ein System von Beziehungen zwischen den Elementen und zur Außenwelt[2].

---

1) Vgl. Kosiol, E.: Grundlagen und Methoden der Organisationsforschung, Berlin 1959, S. 16 in Anlehnung an Lersch, P.: Aufbau der Person, sechste Auflage, München 1954, S. 5.

2) Vgl. Albach, Horst: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 243.

§ 5.2 Die Bildung eines kollektiven Wertsystems

Ausgangspunkt der Überlegungen ist zunächst die Tatsache, daß kollektive Regelungsprozesse einer Reihe von Begrenzungsfaktoren unterliegen:

1) Beeinflussung der Verhaltensweisen der Funktionsträger durch Routine, Gewohnheiten und unbewußte Reaktionen.
2) Mangelnde Kenntnisse der Funktionsträger über die Wirkungen ihrer Anpassungsmaßnahmen und Verhaltensweisen auf die Gesamtregelstrecke der Unternehmung.
3) Konflikte zwischen den verschiedenen Regelungsbereichen.
4) Konflikte zwischen den individuellen Präferenzstrukturen der Funktionsträger und den Gruppen- oder Organisationszielen.

Aus diesen Begrenzungsfaktoren folgt, daß zwischen der Rationalität einer Verhaltensweise vom Standpunkt der Unternehmung und vom Standpunkt des Individuums erhebliche Unterschiede bestehen können. Diese Konfliktsituationen innerhalb der Unternehmung fanden in der Theorie bisher nur geringe Beachtung, vor allem deshalb, weil das Unternehmungsziel als gegeben angenommen wurde und die Möglichkeit unterschiedlicher Interpretation dieses Zieles oder die Wirkung anderer Ziele auf das Verhalten der Organisationsmitglieder nicht untersucht wurden. Die Unterschiedlichkeit der individuellen Motive wurde eliminiert, indem man sich auf den Anstellungsvertrag konzentrierte und hoffte, daß die Zahlung von Löhnen und Gehältern eine gemeinsame Präferenzskala der Beteiligten herbeiführen würde[1].

Die mangelnde Übereinstimmung zwischen persönlichen Interessen einerseits und Gruppen- oder Organisationszielen andererseits

1) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion der Unternehmung, a.a.O., S. 62.

kann durch den sogenannten Konfliktgrad (beziehungsweise Solidaritätsgrad)[1] ausgedrückt werden. Die Frage, inwieweit die Präferenzstruktur des einzelnen mit der Präferenzstruktur der Unternehmung in Einklang steht, läßt sich nicht generell beantworten, denn der Konfliktgrad ist von vielen Faktoren (beispielsweise von der individuellen Motivationsstruktur, der Art der Tätigkeit, der Befriedigung persönlicher Ansprüche im Rahmen dieser Tätigkeit, vom Entlohnungssystem, von der Identifikation mit der Unternehmung als solcher, von der Qualität organisatorischer Regelungen und Kontrollen) abhängig[2]; so können insbesondere in den oberen Entscheidungsinstanzen persönliche Karriereinteressen mit dem vermeintlichen Unternehmungsziel in Konflikt geraten[3].

Es ist eine wesentliche Prämisse der modernen Organisationstheorie, daß die Zielsetzung (das Wertsystem) der Unternehmung nicht a priori als gegeben angenommen werden kann, sondern daß erst im Laufe des Organisationsprozesses die Teilziele der Beteiligten stabilisiert werden und sich ein gemeinsames Wertsystem bildet, das sich darüberhinaus (als Teil eines dynamischen Prozesses) laufend verändern kann. Andererseits befindet sich eine Unternehmung ohne ein solches einheitliches, gemeinsames Wertsystem noch in einem Zustand absoluter rationaler Indeterminiertheit[4] und kann

1) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion der Unternehmung, a.a.O., S. 62. Marschak, J.: Towards an Economic Theory of Organization and Information, in: Thrall, R.M., Coombs, C.H. und Davis, R.L. (Herausgeber): Decision Processes, New York und London 1954, S. 188/189; entsprechend Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 247.

2) Vgl. auch Analyse der Motivationsfaktoren bei March, J.G. und Simon, H.A.: Organizations, a.a.O., S. 34 ff.

3) Vgl. Leibenstein, Harvey: Economic Theory and Organizational Analysis, a.a.O., S. 279/280.

4) Vgl. § 4.322 dieser Arbeit.

noch nicht als Organisation, sondern nur als "Gruppe" oder "Kreis der Beteiligten" bezeichnet werden; anders ausgedrückt: eine Organisation entsteht erst dann, wenn sich eine Gruppe ein einheitliches kollektives Wertsystem schafft.

Zwangsläufig ergibt sich dann die Frage, auf welche Weise aus den individuellen Zielsetzungen derartige kollektive Wertsysteme entstehen und ob es rationale Mechanismen gibt, durch welche diese Prozesse vollzogen werden. Vor der Beantwortung dieser Frage muß auf die Tatsache hingewiesen werden, daß nicht alle Mitglieder der Gruppe an dem Prozeß der Bildung kollektiver Wertsysteme beteiligt sind, und daß man dementsprechend unterscheiden muß[1)]

1) Entscheidungsgemeinschaft[2)], die aus den sogenannten Wählern besteht, welche das kollektive Wertsystem durch eine sogenannte Sozialwahl bestimmen.

2) Arbeitsgemeinschaft, die sich aus denjenigen zusammensetzt, die durch ihre Verhaltensweisen das kollektive Wertsystem realisieren sollen und als Funktionsträger (Funktionäre) bezeichnet werden; diese Mitglieder bestimmen also über die Ziele des Kollektivs nicht mit, sondern sollen das von der Entscheidungsgemeinschaft geschaffene Zielsystem nur als "Angestellte" bei ihren Entscheidungen und Handlungen anwenden.

---

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 190.

2) Der Begriff der Entscheidungsgemeinschaft deckt sich mit dem Kreis, in welchem Gutenberg seine Träger der betrieblichen Willensbildung zusammenfaßt: Eigentümer, Aktionäre, Manager, Belegschaft, Öffentlichkeit, Planungsbehörden; vgl. Gutenberg, E.: Grundlagen, Band I, a.a.O., S. 370 ff.

Beide Rollen können selbstverständlich von den gleichen Personen besetzt werden, wenn diese gleichzeitig der Entscheidungs- und der Arbeitsgemeinschaft angehören. So können beispielsweise sämtliche Betriebsangehörigen im System einer betrieblichen Mitbestimmung nicht als reine "Angestellte" gesehen werden, da sie zugleich Funktionäre und Wähler sind[1].

Für die Darstellung der Vorgänge, die innerhalb der Entscheidungsgemeinschaft zur Bildung dieses kollektiven Wertsystems führen, sollen im Rahmen dieser Arbeit die abstrakten Beziehungen der sogenannten Theorie der Sozialwahlfunktionen[2] weitgehend unberücksichtigt bleiben und nur einige wesentliche Gesichtspunkte herausgearbeitet werden. Es ist zunächst festzustellen, daß die Lösung der Konfliktsituationen rationaler Indeterminiertheit unterschiedlich ausfallen wird, je nachdem, wie sich die Präferenzstrukturen der beteiligten Entscheidungsträger zueinander verhalten; man unterscheidet[3]

---

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 190.

2) Gäfgen erklärt den Prozeß der Bildung kollektiver Wertsysteme über eine "Theorie der Sozialwahlfunktionen", die im Rahmen dieser Arbeit nicht im einzelnen dargestellt werden kann (Näheres bei Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 178 ff. und S. 184 ff.). Geht man von der Annahme aus, daß die Entstehung kollektiver Wertsysteme über die Theorie der Sozialfunktionen zu erklären ist, so ergibt sich die Möglichkeit der Verbindung der betriebswirtschaftlichen Organisationstheorie mit den sogenannten "welfare economics" der Volkswirtschaftslehre; vgl. auch Arrow, K.J.: Social Choice and Strength of Preference, in: Thrall, R.M., Coombs, C.H. und Davis, R.L. (Hrsg.): Decision Processes, New York und London 1954, S. 69 ff.; Gäfgen, G.: Zur Theorie kollektiver Entscheidungen in der Wirtschaft, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 1961, S. 1 ff.

3) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 179.

1) streng kompetitive Situationen, in denen die Präferenzreihenfolgen eine völlig entgegengesetzte Ordnung zeigen;

2) partiell kompetitive Situationen;

3) nicht-kompetitive Situationen, in denen die Präferenzordnungen der Beteiligten völlig übereinstimmen.

Im letzten Fall liegt überhaupt kein Problem rationaler Indeterminiertheit mehr vor, weil alle Aktoren solche Verhaltensweisen wählen werden, die automatisch zu einem sozialen (kollektiven) Optimum führen. Auf den anderen Extremfall der streng kompetitiven Situation soll (nach Gäfgen) die Theorie der Zweipersonen-Nullsummenspiele (einschließlich dem dubiosen Minimaxkriterium) angewendet werden[1].

Da die streng kompetitive Situation innerhalb einer Unternehmung einen Ausnahmefall darstellen wird, konzentriert sich das Interesse auf die partiell-kompetitiven Situationen, die dadurch gekennzeichnet sind, daß einige gemeinsame Interessen der Kontrahenten bestehen[2]. Für diese Situationen ist also die Annahme zulässig, daß ein mehr oder weniger großes Maß an Zusammenarbeit der Partner existiert, wodurch der begrenzten Gemeinsamkeit der Interessen Rechnung getragen wird. Man kommt dann zu sogenannten kooperativen Lösungen, wobei unter Kooperation (spieltheoretisch) der Tatbestand zu verstehen ist, daß die Partner sowohl Informationen austauschen als auch bindende Vereinbarungen treffen. Innerhalb des Kreises der partiell-kompetitiven Situationen kann folgendermaßen unterschieden werden[3]:

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 179/180.

2) Typisches Beispiel aus dem Marktbereich der Unternehmung: Fall des bilateralen Monopols, in dem beide Parteien ein Interesse daran haben, daß der Tausch zustande kommt.

3) Marschak unterscheidet in Situationen der Kooperation zwischen "coalitions" und "foundations"; vgl. Marschak, J.: Towards an Economic Theory of Organization and Information, a.a.O., S. 188ff.

1) Schwache Kooperation: In diesem Falle bilden die Entscheidungsträger eine Koalition, in der das gemeinsame Wertsystem ausgehandelt wird[1]. Im Mittelpunkt der Koalitionsverhandlungen stehen die sogenannten Ausgleichszahlungen, die dafür geleistet werden, daß einzelne Entscheidungsträger oder Gruppen bei der Festlegung des kollektiven Wertsystems eigene Zielvorstellungen teilweise oder ganz aufgeben müssen; wesentlich ist dabei, daß diese "Ausgleichszahlungen" nicht nur in Geldform, sondern auch auf andere Weise (etwa durch Berücksichtigung anderer individueller Zielvorstellungen bei der Festlegung der übergeordneten Zielsetzungen) geleistet werden.

2) Starke Kooperation, aus der eine Schlichtungsgemeinschaft[2] hervorgeht: Die Schlichtung kann als die interpersonelle Form des Kompromisses angesehen werden, der bei einander widersprechenden Wertkriterien stets unentbehrlich ist. Das bedeutet jedoch, daß hier über die partielle Übereinstimmung der Wertordnungen hinaus gemeinsame Wertvorstellungen vorliegen müssen: Beispiele aus dem praktischen Leben sind Einigungen über die Heranziehung von Schiedsgerichten oder Schlichtungsinstanzen (beispielsweise in Tarifverträgen oder Kaufverträgen).

Letztlich kann es sich bei den verschiedenen Formen der Kooperation immer nur um graduelle Unterschiede handeln, weil immer ein

---

1) Vgl. Cyert, R.M. und March, J.G.: A Behavioral Theory of the Firm, a.a.O., S. 26 ff und S. 114 ff.; Cyert, R.M. und March J.G.: A Behavioral Theory of Organizational Objectives, a.a.O., S. 76 ff.

2) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung ..., a.a.O., S. 182.

gemeinsames Interesse als Grundlage vorhanden ist, das sich dann auch im Ergebnis (also im kollektiven Wertsystem) niederschlagen muß. In der modernen Organisationstheorie wird allgemein die Auffassung vertreten, daß alle Mitglieder einer Organisation das Überleben im Wettbewerb, sowie das Streben nach Gewinnen, die zur Deckung der Risiken, zur Aufrechterhaltung der Produktionskapazität und der Sicherung einer bestimmten Wachstumsrate ausreichen, als eine Zielsetzung ansehen, die auch ihren eigenen Interessen entspricht, so daß das Kriterium der Sicherheit und des Fortbestandes der Unternehmung als primäre, gemeinsame Zielsetzung von allen Beteiligten akzeptiert wird. Die Konfliktsituation entsteht aus der Tatsache, daß dieses gemeinsame Interesse den (zunächst berechtigten) Ansprüchen an die Unternehmung aus Individualinteressen konfrontiert wird und es keine absoluten und objektiven Maßstäbe dafür geben kann, an welchem Punkt das Individualinteresse zurücktreten muß, wenn die übergeordnete Zielsetzung (Sicherheit und Fortbestand der Unternehmung) nicht gefährdet werden soll. Da hier keine exakten und sicheren Aussagen möglich sind, müssen sich die Autoren der Organisationstheorie immer wieder auf wenig präzise Begriffe wie "befriedigende" oder "angemessene" Lösungen zurückziehen, in denen "weise und gerecht im Interesse aller" zu verfahren ist und die schließlich (wie bei Heinen)[1] über den Begriff des "Anspruchsniveaus" zu dem alten Rezept der Nutzenmaximierung führen.

Läßt man diese (wie es scheint: unlösbaren) Probleme außer Betracht und geht für den weiteren Gang der Untersuchung davon aus, daß die Entscheidungsgemeinschaft tatsächlich ein kollektives Wertsystem gebildet hat, so muß nunmehr die Übertragung dieses Wertsystems auf die Arbeitsgemeinschaft erfolgen: Die Gesamtverhal-

1) Vgl. Heinen, E.: Die Zielfunktion, a.a.O., S. 67 ff.

tensweise setzt sich annahmegemäß aus der Vielzahl von Verhaltensweisen der einzelnen Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft zusammen. Damit nun die Gesamtverhaltensweise der kollektiven Rangordnung entspricht, muß jedes Individuum das kollektive Wertsystem akzeptieren und sich zu eigen machen.

Ist ein Zustand erreicht, in welchem individuelle Wertsysteme und kollektives Wertsystem vollkommen übereinstimmen, kann man die Arbeitsgemeinschaft als ein Team[1] bezeichnen. Ein Team kann logisch-theoretisch auf zweifache Weise entstehen[2]:

1) Es besteht von vornherein eine spontane Solidarität aller Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft.

2) Das einzelne Mitglied der Arbeitsgemeinschaft unterwirft sich dem kollektiven Wertsystem, solange es in seiner Rolle als Mitglied des Kollektivs handelt; im Unterschied zur spontanen Solidarität wird dann die Solidarität erst durch die gemeinsame Loyalität gegenüber dem Ganzen vermittelt[3].

Im Idealfall kann man sich nun folgende Situation vorstellen: Es existiert ein Team, dessen Funktionsträger beliebig Angestellte

---

1) Der Begriff des "Teams" wurde von Marschak eingeführt; vgl. Marschak, J.: Towards an Economic Theory of Organization and Information, a.a.O., S. 187 ff.; ders.: Efficient and Variable Organizational Forms, in: Haire, Mason (Hrsg.): Modern Organization Theory, New York und London, S. 307 ff.; ders. Elements for a Theory of Teams, in: Management Science 1955, S. 127 ff.; Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 187/189.

2) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 189/190.

3) Zum Begriff der Loyalität vgl. auch Simon, H.A.: Das Verwaltungshandeln (Administrative Behavior), Stuttgart 1955, S. 9 ff. und S 131 ff.

oder Wähler sein können. Darüber hinaus sollen die Handlungsmöglichkeiten jedes einzelnen Funktionärs feststehen, und jeder soll über die Handlungsmöglichkeiten aller übrigen völlig informiert sein, so daß er anhand des von ihm voraussetzungsgemäß benutzten kollektiven Wertsystems seine individuelle Verhaltensweise so wählen kann, daß die beste Gesamtverhaltensweise erreicht wird. Jede individuelle Verhaltensweise, die auf diese Weise zustande kommt, ist eine der Bedingungen des kollektiven Optimums[1].

Die Annahme einer solchen Situation ist jedoch (vor allem, wenn man an größere Kollektive denkt) völlig utopisch, und zwar aus folgenden Gründen[2]:

1) Die Handlungsmöglichkeiten der Funktionsträger können gar nicht als feststehend angesehen werden, vielmehr muß zunächst danach gefragt werden, wie die Arbeitsgemeinschaft am besten aufzubauen ist, damit ihre Aktionen optimal im Sinne der kollektiven Wertordnung werden. Es muß also festgelegt werden, wie viele Funktionsträger benötigt werden und welcher Regelungsbereich jedem davon zuzuweisen ist; das geschieht nach den Prinzipien der Funktionsteilung.

2) Der Vorteil der Funktionsteilung liegt in einer starken Spezialisierung. Diese Vorteile würde man wieder aufheben, wenn man von jedem Funktionsträger verlangen wollte, daß er die Handlungsmöglichkeiten aller anderen kennt und weiß, in welcher Weise jede Kombination einer eigenen mit frem-

---

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a. a. O., S. 190.

2) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a. a. O., S. 190/191.

den individuellen Verhaltensweisen vom Standpunkt des Ganzen zu bewerten ist. Wenn aber der Funktionsträger nicht übersehen kann, welchen Effekt seine Handlungen im Zusammenspiel mit denen der anderen auf das Ganze haben, so kann er auch nicht ohne weiteres nach dem kollektiven Wertsystem handeln. Konsequenz: Man muß ihm ein System von Handlungsregeln (ein für ihn spezifisches Wertsystem) an die Hand geben, aufgrund dessen er seine möglichen Verhaltensweisen danach ordnet, wie weit sie sich mit dem übergeordneten Gesamtinteresse decken.

3) In der Realität kann die im Team angenommene Loyalität nicht einfach vorausgesetzt werden, sondern muß durch Indoktrination der Mitglieder und durch besondere Anreize zu erreichen versucht werden.

Durch diese drei Problemkreise wird auch der weitere Gang der Untersuchung bestimmt: Gegenstand der organisatorischen Gestaltungsmaßnahmen ist die Durchsetzung des kollektiven Wertsystems zur Realisierung einer rationalen Gesamtverhaltensweise; dieser Vorgang vollzieht sich einerseits über die Funktionsteilung und andererseits über die Koordination der Prozesse und Abläufe in den Teilregelkreisen.

§ 5.3 Durchsetzung des kollektiven Wertsystems

§ 5.31 Funktionsteilung (Unternehmung als System von Regelkreisen)

§ 5.311 Morphologischer Aufbau des Regelkreissystems (Aufbauorganisation)

§ 5.3111 Das Weisungssystem

Im Anschluß an die Bildung eines kollektiven Wertsystems muß die Frage untersucht werden, nach welchen Gesetzen die Arbeitsgemeinschaft aufzubauen ist, die dieses kollektive Wertsystem realisieren soll. Ein solcher Aufbau der Arbeitsgemeinschaft vollzieht sich in folgenden Stufen:

1) Funktionsteilung (Zerlegung des komplexen Regelungsprozesses in eine Vielzahl von Komponenten und Verteilung auf eine entsprechende Zahl von Funktionsträgern)
   a) Festlegung der Zahl von Funktionsträgern;
   b) Zuweisung der Regelstrecken an die Funktionsträger;
   c) Delegation von Entscheidungsbefugnis an die Funktionsträger und Festlegung eines Entscheidungsspielraumes;

2) Koordination der Teilregelungsbereiche in Richtung auf das übergeordnete kollektive Wertsystem durch Festlegung von Handlungsregeln (Unterzielen) beziehungsweise über die Bildung von Anreizfunktionen[1].

---

1) Die Probleme der Koordination werden im Rahmen dieses Abschnittes nur am Rande berührt und bleiben im wesentlichen einem gesonderten Abschnitt dieses Paragraphen vorbehalten.

Unter regelungstheoretischen Gesichtspunkten wird festzustellen sein, daß auch bei einer Funktionsteilung (Zerlegung der Gesamtregelstrecke in eine Anzahl von Teilregelstrecken und Übertragung der Regelungsaufgaben auf eine entsprechende Anzahl von Teilreglern) das Prinzip der Kreisschaltung auf jeden Fall Gültigkeit behält. Darüberhinaus müssen zwischen Teilreglern und Hauptreglern sowie zwischen den Teilreglern untereinander Verbindungen hergestellt werden, wobei es zwischen Hauptreglern und Teilreglern immer nur vertikale Verbindungen (mit Über- und Unterordnungsverhältnissen), zwischen den Reglern untereinander dagegen sowohl vertikale als auch horizontale Verbindungen geben kann.

Bei einer horizontalen Verbindung der Regelkreise liegt eine Gleichordnung der Teilregler vor, die im ersten Teil dieser Arbeit als Vermaschung bezeichnet wurde[1]. Innerhalb dieser Vermaschung sind folgende Konstellationen denkbar:

1) Regelkreise mit gemeinsamer Regelgröße (beispielsweise Liquidität) und
   a) verschiedenen Rezeptoren (beispielsweise Feststellung der verschiedenen Grade der Liquidität anhand von Kassenbeständen, Kundenforderungen und Verbindlichkeiten, Erwartungen über Zahlungseingänge oder Forderungsausfälle); es handelt sich dann um ein Regelsystem mit zwei oder mehr Meßwerken, die auf den gleichen Regler (hier: Finanzabteilung als Ganzes) einwirken.
   b) verschiedenen Reglern: Die gleiche Regelabweichung (Über- oder Unterliquidität) kann mehrere Regler zu unterschiedlichen Stellgrößen veranlassen, wobei die Stellgrößen

1) Vgl. § 2.331 dieser Arbeit

sich in ihren Wirkungen summieren, andererseits im Notfall aber auch vertreten können (beispielsweise wird eine zu geringe Liquidität die Finanzabteilung zu Darlehnsverhandlungen und Mahnungen gegenüber Kunden, die Verkaufsabteilung zur Gewährung von Skonti und grundsätzlich alle Abteilungen zur Streichung aller nicht unbedingt notwendigen Ausgaben veranlassen).

c) verschiedenen Effektoren (welche die getroffenen Entscheidungen realisieren sollen).

2) Regelkreise mit einem gemeinsamen Regler, wobei jedoch anzumerken ist, daß eine solche Verbindung nicht als typischer Fall aus dem Bereich der Funktionsteilung anzusehen ist.

Als Beispiel für eine Verbindung (Vermaschung) von Regelkreisen mit gemeinsamer Regelgröße und verschiedenen Reglern soll an dieser Stelle ein Vorgang der Fertigungssteuerung dargestellt werden[1]: dazugehörige Abbildung 14 siehe Seite 198.

Regelstrecke ist in diesem Falle die Produktion, deren Ausbringungsmenge und Qualität als Regelgrößen auf ein bestimmtes optimales Niveau eingeregelt werden sollen. Als Regler sind an dieser Aufgabenstellung die Fertigungsplanung (der von Vertrieb und Unternehmensleitung bestimmte Führungsgrößen vorgegeben sind), sowie die Fertigungssteuerung und das betriebliche Rechnungswesen beteiligt.

Von größerer Bedeutung als die Gleichordnung (Vermaschung) von Regelungsprozessen sind für eine organisationstheoretische Ana-

1) Vgl. Lutz, Theo: Kybernetik, Struktur und Simulation, a.a.O., S. 29/30.

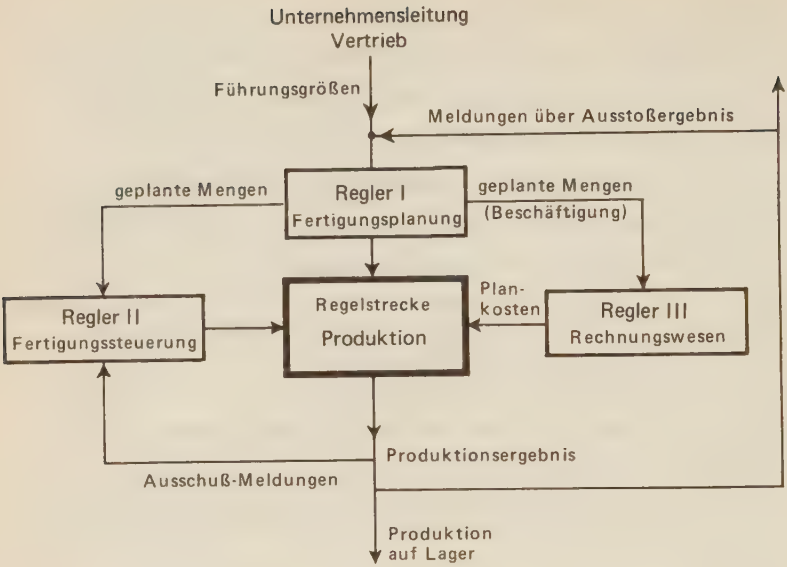

Abb. 14: Vermaschung von Regelkreisen (Fertigungssteuerung als Beispiel)

lyse die vertikalen Anordnungen von Regelkreisen nach dem Prinzip der hierarchischen Ordnung, die auf dem Grundsatz der Über- und Unterordnung basieren und aus denen (als statisches Phänomen) ein Weisungssystem entsteht.

Regelungstheoretisch wird das Über- und Unterordnungsverhältnis zwischen Hauptregler und Teilregler durch eine vertikale Verknüpfung der Regelkreise dargestellt. Diese Verknüpfung erfolgt in der Weise, daß ein Regelkreis die Tätigkeit eines anderen Regelkreises steuert und ihn dadurch von sich abhängig macht, indem der steuernde Kreis in dem gesteuerten Kreis eine Regelabweichung hervorruft, die dieser dann korrigieren muß. Hinsichtlich der Ent-

stehung der Regelabweichungen sind grundsätzlich zwei Möglichkeiten zu unterscheiden:

1) Veränderung des Ist-Wertes durch den übergeordneten Regler
2) Veränderung des Soll-Wertes durch den übergeordneten Regler.

Durch die nachfolgende Abbildung soll die vertikale Verknüpfung von Regelkreisen dargestellt werden, wobei (aus Zweckmäßigkeitsgründen) die vertikale Ordnung durch eine Anordnung von rechts nach links ersetzt worden ist[1]:

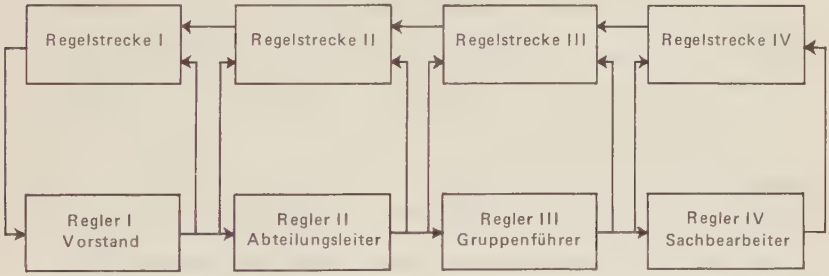

Abb. 15: Vertikale Verknüpfung von Regelkreisen

Neben den üblichen zirkularen Beziehungen zwischen Regler und Regelstrecke sind in diesem Schaubild einige typische kommunikative Verbindungen in vertikaler Richtung enthalten, die am Beispiel des Zusammenhanges von Regler I und Regler II veranschaulicht werden sollen: Die Stellgrößen der Regler sind nicht nur Lenkungsinformationen für die eigene Regelstrecke, sondern kön-

1) Vgl. Nürck, R.: Funktions- und strukturbedingte Regelungsmaßnahmen der Unternehmung, a.a.O., S. 748.

nen auch Zielbestimmungsinformationen beziehungsweise Handlungsregeln für die nachgeordneten (untergeordneten) Regler sein. Darüberhinaus können aber durch die Stellgrößen des Reglers I auch die Ist-Werte der Regelstrecke II verändert werden; die Stellgröße Regler I wirkt gewissermaßen als Störgröße auf die Regelstrecke II ein. Da Regler II für Regler I als Teil der eigenen Regelstrecke angesehen werden kann, laufen im Schaubild die Rückmeldungen über die Wirkungen der Stellgrößen und über die Zustände im untergeordneten Regelkreis II über die Regelstrecke I in den Regler I zurück.

Eine vertikale Anordnung der Regelkreise, wie sie im obigen Schaubild vereinfacht wiedergegeben worden ist, wird in der Organisationsliteratur im allgemeinen als Linie bezeichnet, wobei diese Linie meist Funktionsträger des gleichen Funktionsbereiches (Einkauf, Produktion, Verkauf) miteinander verbindet. Neben diesem Liniensystem sind als Gestaltungsformen für Weisungssysteme noch sogenannte Funktionssysteme (in denen der Regler Weisungen von mehreren übergeordneten Reglern erhalten kann) und Stablinien-systeme denkbar, in welchen dem Entscheidungsträger innerhalb der Linie Spezialregler (mit Stabsfunktionen und ohne eigene Entscheidungsgewalt) zur Seite gestellt werden[1].

Zur Darstellung der formalen Zusammenhänge bei der Entstehung eines Weisungssystems oder Kompetenzsystems ist von folgender Situation auszugehen: Ein Regelungszentrum 0 zerlegt den Gesamtregelungsprozeß E in eine mehr oder weniger große Zahl von Rege-

1) Vgl. Ulrich, H.: Betrachtungen zur funktionalen Organisation, in: ZfhF 1950, S. 11 ff.; Grochla, E.: Die Träger der Betriebsplanung, a.a.O., S. 516; Gutenberg, E.: Unternehmensführung, a.a.O., S. 118 ff.

lungskomponenten (Teilregelstrecken) e_i, wobei eine Regelstrecke eine oder mehrere Komponenten des Gesamtregelungsprozesses umfassen kann. Den dazugehörigen Funktionsträgern oder Gruppen von Funktionsträgern (Abteilungen) o_j werden Entscheidungsspielräume[1] zugewiesen, innerhalb deren sie Entscheidungen über die Variablen (Regelungskomponenten) treffen können. Im Extremfall ist dieser Entscheidungsspielraum der untergeordneten Regler gleich Null, und die Regler werden zu reinen Befehlsempfängern (oder gesteuerten Elementen) des übergeordneten Regelungszentrums degradiert; die eigentliche Regelung liegt dann praktisch im Zentrum und man spricht von einer Zentralisation des Regelungsprozesses. Der andere logisch-theoretische Grenzfall wäre eine völlige Dezentralisation[2], in der die gesamte Entscheidungsgewalt auf den untergeordneten Funktionsträger delegiert wird[3]; dabei kann es sich allerdings tatsächlich nur um eine logisch-theoretische Hypothese handeln, denn ein Regelungszentrum kann nicht

1) Zuweisung eines Entscheidungsspielraumes an einen Funktionsträger bedeutet, daß ein neues Element der Indeterminiertheit in den kollektiven Regelungsprozeß hineingetragen wird. Diese Indeterminiertheit wird jedoch bewußt in Kauf genommen und unterscheidet sich wesentlich von jener Unbestimmtheit, die aus den Begrenzungsfaktoren der Rationalität kollektiver Regelungsprozesse entsteht.

2) Der Begriff der Dezentralisation ist in diesem Zusammenhang als funktionelle Dezentralisation zu verstehen; daneben gibt es noch eine räumliche Dezentralisation, die jedoch hier nicht von Bedeutung ist.

3) Zum Begriff der Dezentralisation vgl. auch Kern, Werner: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung auf die Betriebsorganisation, in: BFuP 1965, S. 144; Hasenack, W.: Grundsätze zur Gestaltung der Eigenverantwortlichkeit in der Unternehmung, in: ZfhF 1957, S. 281 ff.; Bleicher, K.: Zentralisation und Dezentralisation von Aufgaben in der Organisation der Unternehmung, Berlin 1966.

seine Entscheidungsgewalt vollkommen auf die untergeordneten Funktionsträger delegieren, ohne dabei seine eigene Identität zu verlieren.

Die Zahl der möglichen Funktionsträger folgt direkt aus der Zahl der Variablen des Regelungsprozesses: Sind die Entscheidungskomponenten durch e_i gegeben, dann ist die Zahl der möglichen Abteilungen ebenfalls durch i bestimmt. Die Rangordnung unter den einzelnen Abteilungen wird durch das Weisungssystem einer Unternehmung festgelegt. Die moderne Organisationstheorie leitet auch die Prinzipien der Rangordnung zunächst aus dem Gesamtregelungsproblem ab: Ein Regelungsprozeß $E_j = e_{ij}$ wird nur dann auch tatsächlich durchgeführt werden können, wenn es Regelungszentren gibt, welche die i Regelungskomponenten kontrollieren und koordinieren[1].

Besteht ein Regelungsprozeß E aus den selbständigen Komponenten e_i (i = 1, 2, 3) dann können außer dem Regelungszentrum 0 zwei Abteilungen o_j (j = 1, 2) gebildet werden. Diese drei Abteilungen 0, o_1 und o_2 können in unterschiedlicher Form zu Weisungssystemen kombiniert werden[2]:

1) Schafft 0 unter sich lediglich eine einzige Rangstufe, dann sind 9 Organisationsformen denkbar, und zwar

   a) 6 Organisationsformen bei Bildung einer Abteilung o_1: $0\ (e_i) > o_1\ (e_j)$, und zwar für i, j = 1, 2; 1, 3; 2, 3 und entsprechend für j, i = 3, 2, 1. Dabei bedeutet $0 > o_1$, daß o_1 an 0 weisungsgebunden ist.

---

1) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 245.

2) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 245/246; in Anlehnung an Morgenstern, Oskar: Prolegomena to a Theory of Organization, RAND Corporation, RM-374, 10. Dezember 1951.

b) drei weitere Organisationsformen bei Schaffung von zwei Abteilungen o_1 und o_2, wobei o_1 und o_2 gleichrangig sind: $0\,(e_i) > o_1\,(e_j) = o_2\,(e_k)$, und zwar für i = 1; 2; 3 und entsprechend j = 2; 3; 1 und k = 3; 1; 2. Dabei bedeutet $0 > (o_1 = o_2)$, daß o_1 und o_2 gleichrangig und der gleichen Abteilung 0 untergeordnet sind.

2) Delegiert 0 die Regelungskomponenten in der Weise, daß o_2 der Abteilung o_1 untergeordnet ist, dann ergeben sich weitere sechs Organisationsformen: $0\,(e_i) > o_i\,(e_j) > o_2\,(e_k)$, und zwar für i = 1; 2; 3 und entsprechend j = 2, 3; 1, 3; 1, 2 und k = 3, 2; 3, 1; 2, 1.

Es ist festzustellen, daß bereits bei nur drei Variablen ein beträchtlicher Reichtum an Organisationsformen (nämlich fünfzehn mögliche Kompetenzsysteme) besteht. Läßt man nur den Strukturtyp $0 > o_1 > o_2 \ldots\ldots > o_n$ zu, so ergeben sich bei n Variablen bereits n! Weisungssysteme[1].

Nicht immer sind die Entscheidungskomponenten e selbständig. Sie stellen häufig Komponenten von Entscheidungskomplexen $E^{(+)}$ dar, die ihrerseits Teile des Entscheidungsprozesses E sind. In einem solchen Fall muß 0 zunächst $E^{(+)}$ delegieren, und daran schließt sich dann die Delegation von e an. Die Abteilung o (e_i) ist also an $0^+\,(E^+_m)$ weisungsgebunden. Diese Form der Abteilungsbildung wird als indirekte Delegation bezeichnet[2].

Die Zahl der möglichen Organisationsformen stimmt jedoch nicht mit der Zahl der zulässigen Weisungssysteme überein, weil die Organisation von Regelungsprozessen bekanntlich einer Reihe von

1) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 246.

2) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 246.

Begrenzungsfaktoren der Rationalität unterliegt, die sich in folgenden Nebenbedingungen niederschlagen[1]:

1) Kapazitätsbedingung: Die beim Element o_i erforderliche Zeitbeanspruchung für die Bewältigung der Regelungskomponente e_i darf nicht größer sein als die o_i effektiv im Rahmen eines Gesamtregelungsprozesses und unter Berücksichtigung der Gesamtzielsetzung Z zur Verfügung stehende Zeit, um einen zweckentsprechenden Informationsfluß zu gewährleisten und den Regelungsprozeß nicht durch Stokkungen in den einzelnen Elementen zu unterbrechen. Diese zeitliche Kapazitätsbedingung ist selbstverständlich nur eine unter mehreren anderen möglichen Kapazitätsbedingungen, die jedoch im Prinzip auf das gleiche Ergebnis hinauslaufen, auch wenn sie andere Kriterien für die Bestimmung der Kapazität anwenden.

2) Qualitätsbedingung: Das zur Durchführung von e_i erforderliche Selektionsvermögen beim Element (Funktionsträger) o_i darf dessen effektive Leistungsfähigkeit nicht übersteigen, um eine optimale Leistungsstärke der Organisationsstruktur zu ermöglichen.

3) Zielbedingung: Die Verhaltensweisen der Funktionsträger o_i dürfen nicht vom kollektiven Wertsystem der Unternehmung abweichen; die Überwindung der entsprechenden Begrenzungsfaktoren der kollektiven Rationalität gehört allerdings bereits in den Bereich der Koordination.

Durch die Einführung dieser Nebenbedingungen wird die Zahl der möglichen Weisungssysteme unter Umständen erheblich reduziert,

1) Vgl. Stahlmann, J.: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, a.a.O., S. 133 ff.

so daß nur noch eine geringere Anzahl von zulässigen Kompetenzsystemen übrigbleibt.

§ 5.3112 Das Kommunikationssystem

Ein dynamisches soziales System kann nur dann zielgerichtet funktionieren, wenn jeder Funktionsträger gerade über diejenigen Informationen verfügt, die er im Rahmen seiner Regelungsaufgabe benötigt. Das ist ein theoretischer Grenzfall, der nur dann realisiert werden könnte, wenn man in Kauf nehmen würde, daß der Funktionsträger mit gewaltigen Informationsaufgaben belastet wird oder sogar Hilfsorgane für seine Informationstätigkeit benötigt. Außerdem würden dann viele Informationstätigkeiten doppelt ausgeführt, weil es unmöglich ist, eine Funktionsteilung zu garantieren, bei der niemals zwei Funktionsträger die gleichen Informationen benötigen. Schlußfolgerung: Es muß dafür gesorgt werden, daß dem Funktionsträger die nötigen Informationen von den Stellen zufließen, in denen sie anfallen und daß er selbst Informationen an andere Stellen abgibt. Im Vergleich zu den Informationsverarbeitungsvorgängen bei individuellen Regelungsprozessen erscheint also in Organisationen als ein neuer Vorgang die Kommunikation zwischen den einzelnen Elementen und Regelkreisen; gleichzeitig entsteht damit eine weitere organisatorische Gestaltungsaufgabe[1].

Unter Kommunikation ist der Austausch von Informationen zwischen den Elementen einer Organisationsstruktur zu verstehen, wobei konsequenterweise angemerkt werden muß, daß die informativen

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 194.

Verbindungen so weit in die Außenwelt der Unternehmung ausgedehnt werden müssen, wie deren Regelstrecken reichen. Aus der Gliederung dieses Abschnittes geht hervor, daß das Kommunikationssystem nicht mit dem Weisungssystem (Kompetenzsystem) identisch ist; in dieser Gleichsetzung der beiden Systeme bestand ein wesentlicher Mangel der traditionellen Organisationslehre[1]. Durch das Kommunikationssystem werden grundsätzlich alle Informationsströme erfaßt, sofern sie bewußt gestaltet und gewollt sind; neben diesen bewußt gestalteten Informationsbahnen, die man als formelles Kommunikationssystem bezeichnet, bilden sich noch weitere informative Verbindungen, die sich dem direkten Einfluß der organisatorischen Gestaltung entziehen und als informelles Kommunikationssystem[2] bezeichnet werden. Im Gegensatz zum Kommunikationssystem umfaßt das Kompetenzsystem nur solche informativen Verbindungswege, auf denen Anordnungen und Weisungen übertragen werden; es stellt also von vornherein auf einen bestimmten Kreis von Sendern und Empfängern und auch auf eine bestimmte Art von Informationen (pragmatische Informationen) ab, während das Kommunikationssystem von diesen Dingen abstrahiert und sich damit eindeutig auf der Ebene der semantischen und selektiven Information befindet.

---

1) Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 284.

2) Zur Unterscheidung zwischen formeller und informeller Organisation vgl. Irle, Martin: Soziale Systeme (Kritische Analyse der Theorie von formalen und informalen Organisationen), Göttingen 1963; Luhmann, N.: Funktionen und Folgen formaler Organisation, a.a.O., S. 29 ff.; Albach, H.: Entscheidungsprozeß und Informationsfluß in der Unternehmungsorganisation, in: Schnaufer-Agthe (Herausgeber): Organisation (TFB-Handbuchreihe), Band 1, Berlin und Baden-Baden 1961, S. 355 ff.

Als Ansatzpunkte der organisatorischen Gestaltung des Kommunikationssystems unterscheidet Kramer[1]:

1) Aufbaustruktur der betrieblichen Kommunikation
2) Ablaufstruktur der betrieblichen Kommunikation; der Kommunikationsablauf ist nach folgenden Prinzipien zu gestalten
   a) optimaler Kommunikationsumfang (Problem der angemessenen Zuladungen)
   b) Minimierung der Informationsflußzeit
   c) Minimierung der Kommunikationswege
   d) Minimierung der Störungseinflüsse
   e) Elastizität der Kommunikationsstruktur.

Die Probleme der Ablaufstruktur der betrieblichen Kommunikation sollen im Rahmen dieser Arbeit weitgehend ausgeklammert werden, so daß das Hauptgewicht im folgenden auf der Aufbaustruktur des Kommunikationssystems liegt; die wesentlichen informationstheoretischen Grundlagen wurden im § 1 dieser Arbeit behandelt.

Die informativen Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen des Systems werden als Kommunikations n e t z bezeichnet. In ihm spiegeln sich alle Wege wi der, auf denen die einzelnen Elemente die Informationen empfangen, verarbeiten und weiterleiten. Damit wird die Struktur zu einem erweiterten Modell des ursprünglich dargestellten Informationsflusses zwischen nur zwei Elementen[2]. Der Zusammenhang zwischen den Elementen ist jetzt jedoch gegenüber dem Grundmodell nicht mehr eindeutig größen- und richtungsmäßig gegeben, weil ein interdependenter Zusammenhang zwi-

---

1) Vgl. Kramer, R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, a.a.O., S. 60 ff. und 64 ff.

2) Vgl. § 1.41 dieser Arbeit.

schen der Vielzahl von Elementen besteht; die Informationen laufen nicht ausschließlich in einer Richtung, sondern in verschiedenen Richtungen, die sich kreuzen, überschneiden, parallel laufen und kreisförmig zusammenhängen können.

Eine derartige Auffassung löst sich von den Vorstellungen linearer Prozesse und Kausalzusammenhänge zwischen den Elementen und sieht das dynamische System als komplexe Verknüpfung der n Elemente, aus der eine interdependente und integrative Struktur entsteht[1], in der jeder Sender von Informationen auch gleichzeitig Empfänger und Übermittler von Informationen sein kann, und die zu einer ganzheitlichen Betrachtung zwingt. Daraus ist unter anderem abzuleiten, daß die bisher in der Organisationslehre verwendeten Organisationsschaubilder mehr und mehr als unzweckmäßig angesehen und durch Kommunikationsdiagramme ersetzt werden, wobei als Darstellungsformen die Doppik, die Matrik, vor allem aber die Topologie der Streckenkomplexe (Graphentheorie) zur Verfügung stehen[2].

Die Gestaltung des Kommunikationsnetzes vollzieht sich in folgenden Stufen[3]:

1) Festlegung der an den Kommunikationsprozessen beteiligten Aufgabenträger (Kommunikationsstellen);

---

1) Vgl. Stahlmann, J.: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, a.a.O., S. 168; Wieser, W.: Organismen, a.a.O., S. 12.

2) Vgl. Fischer, Hardi: Information und Kommunikation, in: Industrielle Organisation 1959, S. 161 ff.

3) Vgl. Kramer, R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, a.a.O., S. 110/111; Berthel, Jürgen: Informationen und Vorgänge ihrer Bearbeitung in der Unternehmung. Eine programmatische Problem- und Aussagenanalyse, Berlin 1967, S. 132 ff.

2) Ermittlung der für die Informationsprozesse notwendigen Kommunikationswege;

3) Strukturierung eines gesamtbetrieblichen Kommunikationssystems, das die für die Vielzahl der Informationsbewegungen notwendigen Kommunikationsstellen und -wege zu einem sinnvollen und in wirtschaftlicher Weise funktionsfähigen Ganzen zusammenfaßt.

Bei Annahme allseitiger informativer Beziehungen zwischen allen Elementen der Struktur und der Unterstellung, daß die Relation zwischen einem Element A und einem Element B nicht identisch zu sein braucht, mit der zwischen B und A, läßt sich die Anzahl möglicher Kommunikationsnetze nach der Formel n (n-1) berechnen. Es gelten andere Formeln, wenn man die Kommunikationssysteme variiert, indem man die komplizierteren kommunikativen Beziehungen aus dem Kompetenzsystem berücksichtigt; durch die Einbeziehung von Über- und Unterordnungsverhältnissen oder von Gruppenbildungen ergeben sich andere mögliche Kommunikationssysteme[1].

Die große Zahl möglicher Kommunikationsnetze wird auf eine geringere Anzahl informativer Verbindungen reduziert, indem

1) aus der latenten Kommunikationsstruktur des Netzes konkrete Kommunikations p r o g r a m m e aufgebaut werden;

2) die Zahl der theoretisch denkbaren Kommunikationsnetze durch Nebenbedingungen eingeschränkt wird.

---

1) Zu den möglichen Formen von Kommunikationsnetzen vgl. Kramer, R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung ... a.a.O., S. 158 ff.; Mayntz, R.: Soziologie der Organisation, Reinbek bei Hamburg 1963, S. 90 ff.; entsprechend Cartwright, D.: The Potential Contribution of Graph Theory to Organization Theory, in: Haire, Mason (Hrsg.): Modern Organization Theory, New York und London 1959, S. 254 ff.

Wie weiter oben (im Zusammenhang mit dem multistabilen System)[1] dargestellt wurde, ist es unmöglich, daß für eine bestimmte Anpassungshandlung sämtliche Elemente angesprochen und sämtliche Variable eines Systems umorientiert werden. Vielmehr werden im Augenblick der Anforderung nur bestimmte Elemente aktiviert, während die übrigen über Teilfunktionen abgeschirmt bleiben. Der daraus entstehende dauernde Auf- und Abbau spezifischer Verhaltensstrukturen überträgt sich auf das Kommunikationssystem: Aus der riesigen Zahl möglicher Kommunikationsnetze werden diejenigen aktiviert (also in die hinsichtlich einer konkreten Anforderungsart aufzubauende Struktur einbezogen), deren Existenz für die Lösung eben dieser Aufgabenstellung notwendig ist; ein solches spezielles Netz, das die Grundlage für den Aufbau einer einzelnen Verhaltensstruktur bildet, wird als Kommunikationsprogramm bezeichnet.

Die Zahl der theoretisch möglichen Kommunikationsnetze ist nicht identisch mit der Anzahl der zulässigen Kommunikationssysteme, weil die möglichen Netze durch Nebenbedingungen auf eine geringere Anzahl von Strukturen reduziert wird[2]:

1) Quantitative Nebenbedingungen (Kapazitätsbedingungen): die Stärke und die zeitliche Struktur des Informationsflusses dürfen pro Zeiteinheit nicht größer sein als die Kapazität der angesprochenen Elemente.

2) Zeitliche Nebenbedingungen: die einzelnen Signale müssen zeitlich so aufeinander abgestimmt sein, daß keine Verzögerungen bei der Weiterleitung von Informationen entstehen.

1) Vgl. § 2.23 dieser Arbeit

2) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 250.

3) Technische Nebenbedingungen: Die Obergrenze für die Zweideutigkeit der übermittelten Signale (Äquivokation) darf nicht überschritten werden; dieses Kriterium für die Auswahl von zulässigen Kommunikationssystemen ist allerdings nur auf der technischen Ebene der Information von Bedeutung.

Die obengenannten Beschränkungen bestimmen die zulässigen Formen und die Anzahl der kommunikativen Verbindungen. Nur bei Berücksichtigung dieser Nebenbedingungen ist ein reibungsloser, unverzögerter und eindeutiger Informationsfluß zwischen den Elementen möglich, dessen Größe wesentlich durch die erwarteten, berechneten oder stochastisch ermittelten Störungen ("Rauschen") bestimmt wird. Bei der konkreten Gestaltung von Kommunikationsnetzen liegt daher eines der Hauptprobleme in der Bestimmung und Analyse der Nebenbedingungen[1].

§ 5.312 Organisation als Zusammenspiel von Prozessen und Abläufen (Ablauforganisation)

Bisher wurde die Funktionsteilung unter dem Gesichtspunkt erörtert, daß die Organisation ein Beziehungsnetz oder eine Struktur zwischen den Elementen des Systems darstellt. Dabei blieb unberücksichtigt, daß Gegenstand der organisatorischen Gestaltung nicht nur (beziehungsweise nur zum geringsten Teil) die statistische Elementestruktur[2], sondern vielmehr (und in erster Linie) der Regelungsvorgang selbst ist. Durch die Einführung des Regelungsvorganges in die Untersuchung gewinnt die Organisation je-

1) Vgl. Stahlmann, J.: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, a.a.O., S. 174.

2) Eine Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang die Darstellung der Kommunikationsprogramme; vgl. § 5.3112 dieser Arbeit.

doch eine dynamische Dimension, weil dadurch einerseits die zeitliche Ausdehnung von Anpassungsmaßnahmen und Steuerungsvorgängen berücksichtigt werden muß und andererseits die dem Regelungsgeschehen immanente Dynamik (das sich ja als endlose Kette: Reaktion in t_o - Rückmeldung des Ergebnisses - Entscheidung in t_1 darstellt) in Erscheinung tritt. Es gibt also nicht nur eine Elementestruktur, sondern eine Struktur der Prozesse[1] und Abläufe, und dementsprechend können unterschieden werden[2]:

1) Aufbauorganisation (Strukturierung der Elemente)
2) Ablauforganisation (Strukturierung und Optimierung der Abläufe und Prozesse)[3].

Die Ablauforganisation kann einerseits als Prozeßstrukturierung und andererseits als Optimierung von Prozessen definiert werden. Dementsprechend unterscheidet Kern[4] zwischen statischer Ablauforganisation[5] und dynamischer Ablauforganisation. Die statische

---

1) Zur Definition eines Prozesses vgl. § 1.1 dieser Arbeit.

2) Vgl. Klaus, G.: Kybernetik, a.a.O., S. 512; Kreikebaum, Hartmut: Neuere Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der Organisationstheorie, a.a.O., S. 680/681.

3) Im Begriff der Ablauforganisation sind gleichzeitig die im ersten Teil dieser Arbeit dargestellten funktionellen Systeme beziehungsweise Verhaltensstrukturen enthalten, die dort als Hierarchie der Prozesse bezeichnet wurden; vgl. § 2.332 dieser Arbeit; zur Aktivierung dieser Verhaltensstrukturen über die Kommunikationsprogramme vgl. § 5.3112 dieser Arbeit.

4) Vgl. Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung, a.a.O., S. 136.

5) Schweitzer spricht von "Strukturierung des Arbeitsablaufes"; vgl. Schweitzer, M.: Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen, Berlin 1964, S. 20 ff.

Ablauforganisation[1] unterscheidet sich von der dynamischen Ablauforganisation dadurch, daß die organisatorischen Entscheidungen nur einmal (beziehungsweise nur gelegentlich für größere Zeitabschnitte) zu treffen sind; allerdings sind die Grenzen häufig flüssig, wie das Beispiel der Arbeitsvorbereitung zeigt, die bei auftragsorientierten Betrieben ständig neue Planungen erfordert, während sie in marktorientierten Betrieben über lange Zeiträume ständig in den gleichen Bahnen ablaufen kann.

Als Kernstück der statischen Ablauforganisation kann die Gestaltung des Fertigungsverfahrens (mit der Zielsetzung einer kostenoptimalen Produktion) angesehen werden. Darüberhinaus gibt es im Bereich der statischen Ablauforganisation eine ganze Reihe von Einzelproblemkreisen, die (aufgrund ihrer spezifischen Struktur) vorwiegend mit den Methoden des Operations Research bewältigt werden können[2]:

1) Fixierung (Lokalisierung) innerbetrieblicher Standorte von Werkstätten, Lagern und Betriebsmitteln.

2) Bestimmung des Einsatzes von Produktionsfaktoren: Optimale Maschinenbelegung und -ausnutzung, Arbeitsverteilung und Personalzuweisungen (Arbeiter, Flugzeugbesat-

---

1) In der Literatur wird häufig an Stelle von Ablauforganisation der Begriff "Ablaufplanung" (und dementsprechend "Ablaufplanungsmodelle") verwendet. Beide Begriffe sind in ihrem Sinngehalt identisch, wenn man von folgender Überlegung ausgeht: Organisatorische Maßnahmen setzen Entscheidungen voraus, die aus entsprechenden Planungen (hier: Ablaufplanungen) entstehen; die dazugehörigen Entscheidungen sind dann Planungsentscheidungen; vgl. dazu § 4.321 dieser Arbeit.

2) Vgl. Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung, a.a.O., S. 139 ff.; Steinbuch, K.: Kybernetik und Organisation, a.a.O., S. 94/95.

zungen, Zugbegleitpersonal), Transportmitteleinsatz (LKW-Einsatz), Leerwagenumlauf bei Eisenbahngesellschaften, Fahrtroutenbestimmung in der Trampschiffahrt.

3) Dimensionierung des Einsatzes von Produktionsfaktoren: Optimale Bemessung von Engstellen bei zeitweiligen Staungen an Abfertigungsstellen (Warteschlangenproblem), optimaler Einsatz bei Mehrplatzarbeit.

4) Aneinanderreihung von Arbeitsabläufen: Optimierung von Rundreisewegen (Travelling-Salesman-Problem), Einsatz von innerbetrieblichen Transportmitteln im Kreisverkehr und von Auslieferungsfahrzeugen mit ständig wechselnder Kundschaft, optimaler Wechsel bei Sortenfertigung.

5) Terminierung von Arbeitsabläufen: Aufstellung von Fahrplänen, Dienstzeiteinteilungen und Wartungsplänen, Fixierung der Taktzeiten von Fließbändern, Optimierung der Durchlaufgeschwindigkeiten von Produkten durch den Fertigungsbereich[1], Terminplanung nach den Methoden der Netzwerkanalyse (CPM, PERT, RAMPS).

6) Gestaltungsaufgaben, denen kombinierte Zielsetzungen zugrundeliegen:

   a) Gleichzeitige Optimierung der Durchlaufgeschwindigkeit des bearbeiteten Materials und der Auslastung der vorhandenen Kapazitäten: Gutenberg spricht in diesem Zusammenhang vom "Dilemma der Arbeitsablaufplanung"[2]

---

1) Vgl. dazu auch Schweitzer, M.: Probleme der Ablauforganisation, a.a.O., S. 93 ff.

2) Vgl. Gutenberg, E.: Grundlagen, Band I, a.a.O., S. 157 ff.

und kommt zu dem Schluß, daß die Lösung dieses Problems rechnerisch nicht möglich ist, sondern eine Kunst bedeutet. Demgegenüber behauptet Angermann[1], daß aus den USA Ablaufplanungsmodelle kommen, die entsprechende Ansatzpunkte bieten, wenngleich er einräumen muß, daß derzeit noch kein generelles Rechenmodell existiert.

b) Glättung zeitabhängig divergierender Inanspruchnahme von hintereinandergeschalteten betrieblichen Funktionsbereichen (Beschaffung-Fertigung-Vertrieb) durch Zwischenschaltung von Lägern, deren Größe zeitabhängig optimal zu bemessen ist[2].

Im Gegensatz zur statischen Ablauforganisation müssen in der dynamischen Ablauforganisation[3] die organisatorischen Entscheidungen nicht nur einmal (oder in größeren Zeitabschnitten), sondern laufend (und zwar in Rhythmen, die sich aus der Materie selbst ergeben) getroffen werden. Als Beispiel dafür sind die Regelungsprobleme aus jenem großen Bereich zu nennen, der in der Literatur unter dem Sammelbegriff "Lagerhaltungsmodelle" zusammengefaßt wird, der jedoch auch (unter organisatorischen Gesichtspunkten) in Fixierung von Auftragsgrößen, Fixierung von Bestandsgrößen und statistische Qualitätskontrollen unterteilt werden kann.

Auf der Grenze zwischen statischer und dynamischer Ablauforganisation liegt der große Bereich der sogenannten Arbeitsvorbereitung, durch welche ein reibungsloser Ablauf des Produktionspro-

1) Angermann, A.: Vorlesung "Industriebetriebslehre", gehalten an der Universität Göttingen, Wintersemester 1963/64.

2) Vgl. Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung, a.a.O., S. 141.

3) Vgl. Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung, a.a.O., S. 142/143.

zesses erreicht werden soll und deren Führungsgrößen in konkreten Plandaten (Arten, Mengen, Qualitäten, Zeitbegriffen, Terminen und Toleranzwerten) auszudrücken sind. Besonders verschwommene Grenzen zwischen statischer und dynamischer Ablauforganisation ergeben sich, wenn man den Begriff der Arbeitsvorbereitung mit dem Gutenbergschen Begriff der "Vollzugsplanung" (bestehend aus den Teilbereichen "Bereitstellungsplanung" und "Ablaufplanung") gleichsetzt. Im Sinne einer möglichst klaren Abgrenzung scheint es zweckmäßig, bei dem Begriff der Arbeitsvorbereitung zu bleiben, der eine mehr oder weniger exakte Trennung in eine statische und eine dynamische Komponente ermöglichst, indem man unterscheiden kann zwischen

1) Fertigungsplanung
2) Fertigungssteuerung

Nach Strnad[1] umfaßt die Fertigungsplanung alle einmalig zu treffenden Entscheidungen und Maßnahmen, die sich auf die Erzeugnisgestaltung, die Fertigungsvorbereitung, die Planung sowie Bereitstellung der Betriebsmittel beziehen und mit der Freigabe der Fertigung abschließen. Demgegenüber gehören zur Fertigungssteuerung alle diejenigen Maßnahmen und Entscheidungen, die zur Durchführung eines konkreten Auftrages im Sinne der Fertigungsplanung erforderlich sind. Anders ausgedrückt: Fertigungssteuerung ist mit Termin-, Qualitäts- und Mengensteuerung gleichzusetzen. Sie ist also mehrdimensional komplex, weil ihre Objekte die Produktionsfaktoren und der Faktor "Zeit" sind; sie hat sich auf die Fragen "Wann" und "Wo" zu konzentrieren, während das "Wie" von der Fertigungsplanung zu bedenken ist[2].

1) Vgl. Strnad, H.: Die Steuerung industrieller Fertigung in kybernetischer Sicht, a.a.O., S. 24.

2) Vgl. Strnad, H.: Die Steuerung industrieller Fertigung in kybernetischer Sicht, a.a.O., S. 26.

Unabhängig von der Art des Fertigungsverfahrens kann jede Fertigung nur nach konkreten Fertigungsaufträgen arbeiten. Die Aufgabe der Fertigungssteuerung ist es deshalb, aus den ihr zugeleiteten Aufträgen die organisatorischen Fertigungsunterlagen herzustellen und sie der Fertigung zur Verfügung zu stellen. Sie ist dabei an die Daten gebunden, die ihr von der Fertigungsplanung vorgegeben werden (Festlegung der zu verwendenden Maschinenarten, der Werkstoffe und des Fertigungsverfahrens). Die Bestimmung der Zeitpunkte des Materialtransportes, des Fertigungsbeginns, die Abstimmung der Kapazitätsbelegung, die Personalbereitstellung, der Materialbeschaffung und des Fertigungsablaufes gehören dagegen eindeutig in den Bereich der Fertigungssteuerung. Allerdings können diese grundsätzlichen Aufgabengebiete, die in vielen Betrieben einen Schwerpunkt der Fertigungssteuerung ausmachen, unter dem Einfluß verschiedener Faktoren auf ein Minimum schrumpfen, ja infolge der Fertigungsstruktur (extremes Beispiel: Zwangslauffertigung) sogar völlig aus dem Funktionskreis "Fertigungssteuerung" ausscheiden[1].

§ 5.32 Koordination der Prozesse und Abläufe

In der betrieblichen Realität kann nicht davon ausgegangen werden, daß die Funktionsträger von vornherein rational (im Sinne des kollektiven Wertsystems) handeln, weil

1) der einzelne Funktionsträger nicht übersehen kann, welchen Effekt seine Verhaltensweisen im Zusammenspiel mit denen der anderen Funktionsträger auf das Ganze haben, und

1) Vgl. Strnad, H.: Die Steuerung industrieller Fertigung in kybernetischer Sicht, a.a.O., S. 27.

2) nicht einfach vorausgesetzt werden kann, daß sich der einzelne Funktionsträger automatisch völlig loyal gegenüber dem kollektiven Wertsystem verhält.

Die organisatorische Gestaltungsaufgabe besteht also darin, die Verhaltensweisen der Funktionsträger mit unterschiedlicher kollektiver Verhaltensrationalität durch Handlungsregeln beziehungsweise Anreizfunktionen dahingehend zu koordinieren, daß ein kollektives Optimum entsteht.

Die Bildung von Handlungsregeln für einen Funktionsträger ist so aufzufassen, daß man ihm ein für ihn spezifisches Wertsystem an die Hand gibt, durch das seine möglichen Verhaltensweisen danach geordnet werden, inwieweit sie optimal im Sinne des übergeordneten Ganzen sind. Dieses Wertsystem spiegelt also schon die Zusammenhänge seiner eigenen Handlungen mit denen der anderen Funktionsträger wider, und es wird gebildet durch die Anwendung der Logik des Imperativs: Aus den obersten (kollektiven) Wertprämissen kann man mit Hilfe von Sätzen über faktische Zusammenhänge immer neue Imperativsätze (Handlungsregeln) ableiten[1]. Solche Handlungsanweisungen können sehr kompliziert sein; theo-

1) Als Beispiel sei angenommen, daß eine Unternehmung die oberste Zielsetzung habe, den Periodengewinn zu maximieren. In einer solchen Unternehmung kann ein einzelner Verkäufer im Außendienst nicht wissen, inwieweit der Verkauf verschiedener Produkte aus seinem Sortiment (über die Veränderung der Produktions- und Lagerhaltungskosten usw.) das Gesamtziel positiv oder negativ beeinflußt. Aus diesem Grunde erhält er eine konkrete Handlungsregel, die beispielsweise lauten könnte: "Forciere den Verkauf derjenigen Produkte, die in der monatlich herausgegebenen Liste rot unterstrichen sind, schränke den Verkauf der übrigen ein"; vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 191.

retisch sind sie erst dann perfekt, wenn sie alle Alternativen des Funktionsträgers vollständig zu ordnen erlauben.

Sind die Zusammenhänge zwischen der Aufgabe des Funktionsträgers und der Gesamtzielsetzung relativ einfach, so lassen sich solche Anreizfunktionen leicht aufstellen. So tragen beispielsweise die Handlungen eines sogenannten "produktiven" Arbeiters dadurch zum Gewinn der Unternehmung bei, daß er möglichst viele Stücke des Produktes herstellt und dabei möglichst wenig Material verbraucht. Diese beiden Kriterien lassen sich zu einer Wertordnung zusammenfassen, indem ein gemischtes Akkord- und Prämienlohnsystem dazu verwendet wird, eine Anreizfunktion (das Geldeinkommen des Arbeiters) zu bilden, die der Funktionsträger zu maximieren versucht. Dieses Beispiel zeigt gleichzeitig, daß Handlungsregeln (Anreizfunktionen) gestaltet werden können, die individuelles und kollektives Interesse miteinander koppeln und auf diese Weise Loyalität (im Sinne einer Teambildung) entstehen lassen[1].

Bei komplizierteren Zusammenhängen zwischen Einzelzielen und Gruppenzielen innerhalb der Arbeitsgemeinschaft müssen die Handlungsregeln[2] entsprechend differenzierter aufgebaut sein. Sie

---

1) An diesen Punkt denkt der Praktiker sogar zuerst, jedoch steht hier primär die Frage im Vordergrund, welche Maßstäbe man dem Funktionsträger zur Beurteilung seiner Alternativen an die Hand geben kann; darüberhinaus ist es nach den Erkenntnissen der Betriebssoziologie ohnehin fraglich, ob materielle Anreize zur Erzielung von Loyalität überhaupt den gewünschten Zweck voll erfüllen; vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 192.

2) Den Handlungsregeln für den Funktionsträger entsprechen (nach Gäfgen) auch Informationsregeln, in denen festgelegt wird: 1) welche Regelstrecke innerhalb des kollektiven Regelungsprozesses der Funktionsträger zu kontrollieren oder zu beeinflussen hat; 2) welche Bedingungen und Nebenbedingungen der Funk-

müssen so gestaltet werden, daß jeder Funktionsträger zu einer Verhaltensweise gelangt, die im Rahmen des kollektiven Regelungsprozesses als "richtig" (rational) zu bezeichnen ist; mit anderen Worten: die Gestaltung der Handlungsregeln muß so durchgeführt werden, daß eine Verhaltensweise, die vom Standpunkt des betreffenden Individuums rational ist, auch in der Bewertung durch die Gruppe rational bleibt[1]. Ist die Rationalität der Verhaltensweisen sämtlicher Funktionsträger garantiert, so sind alle Individualhandlungen auch "zum Wohle des Ganzen" koordiniert. Jeder Funktionsträger handelt dabei (subjektiv) rational, nur daß die Prämissen seiner Verhaltensweisen nicht nur durch die Außenwelt (wie beim individuellen Regelungsprozeß), sondern auch durch die Handlungen der anderen Funktionsträger (einschließlich der regelsetzenden Koordinationszentren) gesetzt werden[2].

Man wird Koordination definieren können als die Regelsetzung für Funktionsträger der Arbeitsgemeinschaft dergestalt, daß die nach dem kollektiven Wertsystem beste kollektive Verhaltensweise ge-

---

Fortsetzung von S. 219.

2) tionsträger zu berücksichtigen hat; 3) nach welchen Regeln der Funktionsträger die ihm zufließenden Informationen zu verarbeiten hat; vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 192. Ganz allgemein wird man sagen können, daß die Handlungsregeln Unterziele enthalten, die auf der jeweiligen Entscheidungsstufe eine rationale Verhaltensweise im Sinne der Gesamtverhaltensweise bewirken sollen, die ihrerseits wiederum rational im Hinblick auf das übergeordnete kollektive Wertsystem sein muß; vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 244/245.

1) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 248.

2) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 192/193.

wählt wird. Fragt man nach den verschiedenen Formen, in denen sich in der Realität der Prozeß der Koordination vollzieht, so wird man (im Anschluß an Meier) zwei große Gruppen unterscheiden können[1]:

1) Aktive Formen der Koordination: Sie werden überall dort anzuwenden sein, wo der Grad der Loyalität gegenüber den kollektiven Wertordnungen nicht sehr groß ist beziehungsweise wo die Zusammenhänge zwischen den Aktionen der einzelnen Funktionsträger und den übergeordneten Zielsetzungen nicht leicht überschaubar sind; man unterscheidet in den aktiven Formen der Koordination

   a) Anordnung (Weisung), die das strengste Mittel und die (von oben gesehen) aktivste Form der Koordination ist: Sie gibt an, <u>was</u> geschehen (Aufgabenstellung) und <u>wie</u> verfahren werden soll (Verfahrensanleitung). Dabei wird dem ausführenden Funktionsträger ein mehr oder weniger großer Spielraum (sowohl hinsichtlich der Aufgabenstellung als auch des Verfahrens) gelassen. Die Breite des Spielraumes hängt von der Größe der Unternehmung, von der Qualifikation der Funktionsträger und von der Struktur der Entscheidungszentren ab.

   b) Improvisiertes Eingreifen, das aus der Einsicht entsteht, daß Unvorhergesehenes oder Unplanmäßiges nicht durch organisatorische Vorkehrungen bewältigt werden kann; es wird im allgemeinen eine (wenn auch wichtige) Ausnahme sein.

---

1) Vgl. Meier, A.: Koordination in der Leitungsorganisation, in: ZfhF 1961, S. 544 ff.

2) Passive Formen der Koordination: Sie setzen einen hohen Grad von Loyalität voraus und werden im allgemeinen nur dort anwendbar sein, wo die abgeleiteten Funktionsträger die Konsequenzen ihrer Maßnahmen hinsichtlich der Rationalität gegenüber den übergeordneten Zielsetzungen klar beurteilen können. Man unterscheidet im einzelnen:

a) Formlose Zusammenarbeit (Gruppenbildung), die sich aus einem formlosen Meinungsaustausch von Schreibtisch zu Schreibtisch ergibt; es bilden sich Gruppen durch gegenseitige Information, persönliche Abstimmung, Übereinkunft und Hilfeleistung. Bei guter Information von oben an diese Gruppen wird eine aktive Koordination häufig überflüssig; dieser Zustand ist sehr oft in kleinen und mittleren Unternehmen anzutreffen.

b) Gemeinschaftliche Entscheidungsbefugnis: Dabei handelt es sich um eine weisungsgemäße (im Gegensatz zur formlosen) Zusammenarbeit und Gruppenbildung, in der mehreren Abteilungen die Befugnis eingeräumt wird, sich über Fragen, die gemeinsame Regelungsbereiche (Regelstrecken) betreffen, zu verständigen und in diesem Rahmen Entscheidungen zu treffen. Hier wird die laufende Koordination durch Einräumung gegenseitiger Mitentscheidungsrechte gesichert und nur bei Zielkonflikten wird das Entscheidungszentrum in Aktion gesetzt. Eine laufende Information des Entscheidungszentrums ist allerdings in jedem Falle erforderlich.

c) Organisierte Zusammenarbeit (Ausschüsse): Im Gegensatz zum improvisierten Eingreifen zur Bewältigung des

Unvorhergesehenen und Unplanmäßigen kann die Koordination organisiert werden, indem systematische Vorkehrungen getroffen werden, so daß das Entscheidungszentrum nicht auf aktive Improvisation angewiesen ist, sondern sich auf passive Bereitschaft ("management by exception") beschränken kann. Um bei Verflechtung der einzelnen Regelungsbereiche dem Ressortdenken entgegenzuwirken, werden Ausschüsse gebildet, die ihre Aufgabe von einem Entscheidungszentrum gestellt bekommen und (über das einzelne Ressort hinweg) rationale Entscheidungen herbeiführen sollen.

d) Pretiale Lenkung: Diese ergänzende oder auch ausschließliche Möglichkeit, die Funktionsträger in die gewollte Richtung zu lenken, bedient sich des innerbetrieblichen Verrechnungspreises als Koordinationsmittel. Der Konzeption liegt die Annahme zugrunde, daß die Verrechnung von Preisen für die Leistungen der einzelnen Unternehmungsbereiche (entsprechend dem Modell des vollkommenen Marktes) automatisch ein optimales Zusammenspiel zwischen ihnen herbeiführt.

Das Problem der Koordination der verschiedenen Funktionsbereiche ist vor allem deshalb besonders schwierig, (und wird mit zunehmender Zahl der Systemelemente überproportional schwieriger) weil sich in einer dynamischen Unternehmung die Regelstreckenzustände laufend verändern. Da ja die Handlungsregeln für den einzelnen Funktionsträger aus dem Zusammenhang seiner Verhaltensweise mit dem übergeordneten kollektiven Wertsystem abgeleitet werden, eine Regelstreckenzustandsänderung aber diese Zusammenhänge verändert, müßten für jede denkbare Situation im voraus genaue Anweisungen festgelegt werden.

Die moderne Organisationstheorie befindet sich in dem Dilemma, daß sie nicht (wie die traditionelle Betriebswirtschaftslehre) von idealisierenden Vereinfachungen (typische Kostenverläufe, gegebene Preis-Absatz-Funktionen usw.) ausgehen und dementsprechend die organisatorischen Regelungen auf eine mehr oder weniger große Zahl von Konstanten in den Entscheidungsprozessen abstellen kann[1]. Es wird zwar eine ganze Reihe von relativ gleichbleibenden oder gleichförmigen Regelungsabläufen geben, in denen die Handlungsregeln sehr präzise und detailliert für längere Zeiträume in sogenannten generellen Regelungen festgelegt werden können, und es ist sogar eine eindeutige Tendenz zu erkennen, entsprechend dem sogenannten "Substitutionsgesetz der Organisation"[2] möglichst viele Arbeitsabläufe mit Zielsetzungen zu schaffen, die im Zeitablauf relativ konstant bleiben oder nur in größeren Zeitabständen geändert werden müssen. Daneben aber wird es immer eine ganze Reihe von Regelungsprozessen geben, die in direkter Wechselwirkung mit der Dynamik dauernd sich ändernder Regelstreckenzustände stehen. In diesen Prozessen der echten Progressivregelung können nur Rahmenregeln angegeben werden, die in der konkreten Situation durch fallweise Regelungen[3]

1) Vgl. Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 254.

2) Vgl. Gutenberg, E.: Grundlagen, Band I, a.a.O., S. 173 ff.; Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 580 ff.; Gutenberg, E.: Unternehmensführung, a.a.O., S. 144 ff.

3) Für die Unterscheidung zwischen generellen Regelungen und fallweisen Regelungen (management by exception) kann eine Analogie zum lebenden Organismus gebildet werden: Fallweise Regelungen würden im Organismus durch das zentrale Nervensystem durchgeführt, während generelle Regelungen in den Bereich der autonomen Nervensysteme gehören. Die laufenden (generell geregelten) Prozesse dringen nicht in die Unternehmungsführung vor, und dementsprechend kann Nürck behaupten, daß es eine Art "Unterbewußtsein" der Unternehmung gibt; vgl. Nürck, R.: Wirtschaftskybernetik, a.a.O., S. 577/578.

im Sinne eines "management by exception" ergänzt werden müssen und die Koordination zu einer Daueraufgabe machen[1].

§ 5.4 Problem der Bestimmung von optimalen Organisationsformen

Das Ziel einer Organisationstheorie müßte es sein, aus der Vielzahl möglicher Organisationsformen durch Berücksichtigung von Nebenbedingungen und Bewertung der organisatorischen Alternativen die zulässigen und vor allem die optimalen Organisationsstrukturen herauszuarbeiten, die für die verschiedenen Formen kollektiver Regelungsprozesse (bei gegebenen Wertsystemen und gegebener Varietät der Regelstrecken) die besten Lösungen bieten. In diesem Satz offenbart sich jedoch ein großes Dilemma der Organisationstheorie, die bei der Beantwortung der Frage nach der Optimalität von Organisationsformen (neben vielen anderen Problemen) schon deswegen in Schwierigkeiten gerät, weil ihr ganz einfach ein sicheres Kriterium für die Beurteilung und Auswahl "bester" Organisationsformen fehlt. Man wird zwar logisch-theoretisch den Satz aufstellen können, daß eine schlechte Organisation Einfluß auf die Regelstreckenzustände haben und sich letzten Endes irgendwann einmal in "Kosten einer schlechten Organisation" (also in Geldgrößen) niederschlagen wird; ein Kriterium ist damit jedoch nicht gewonnen. Andererseits werden alle Überlegungen zu dem Ergebnis führen, daß das gesuchte Kriterium nur auf dieser logisch-theoretischen Ebene zu finden sein wird, indem das weitgehend qualitativ bestimmte Merkmal der Leistungswirksamkeit einer Organisationsform ins Verhältnis gesetzt werden muß zu deren Kosten,

1) Vgl. Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 193.

wobei mit den Kosten zwar eine quantitative Größe in die Rechnung hineinkommt, dieser Vorteil jedoch dadurch wieder eine negative Komponente erhält, daß es kaum möglich sein wird, die Kosten einer Organisationsstruktur exakt zu ermitteln.

Abgesehen von den Schwierigkeiten, die sich aus der Bestimmung der Kosten ergeben, bleibt als zentrales Problem die Bestimmung der Leistungswirksamkeit der Organisation[1] bestehen, dem auch dadurch nicht beizukommen ist, daß man (nach Steinbuch) die von einer realen Organisation (in einer fixierten Regelstrecke) veranlaßte Wirkung rechnerisch zur Optimalwirkung der idealen Organisation (in der gleichen Regelstrecke) ins Verhältnis setzt und daraus ein quantitatives Maß für die Effizienz einer Organisation ableitet, anhand dessen man Organisationsformen vergleichen könnte, so wie man beispielsweise Dampfmaschinen nach ihrem Wirkungsgrad vergleichen und diejenigen ausscheiden kann, die den gegenwärtigen Verhältnissen nicht mehr entsprechen[2]. Dieser Ansatz läßt wiederum die Schwierigkeiten in der tatsächlichen Durchführung des Vergleichs von Organisationsformen unbeachtet, geht vor allem aber am eigentlichen Kern vorbei, der in dem bekannten Zurechnungsproblem zu suchen ist: In den Erfolg (oder Mißerfolg) einer Unternehmung gehen nicht nur die Auswirkungen organisatorischer Gestaltungsmaßnahmen, sondern eine ganze Reihe von anderen Faktoren ein, deren Anteile am Gesamtergebnis nur sehr schwer zu bestimmen sind[3]. So würde beispielsweise ein Tank-

1) Zum Problem der Leistungswirksamkeit einer Organisation vgl. auch Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmungsforschung auf die Betriebsorganisation, a.a.O., S. 137; Mayntz, R.: Soziologie der Organisation, S. 136 ff.; Simon, H.A.: Verwaltungshandeln (Administrative Behavior), a.a.O., S. 111 ff.

2) Vgl. Steinbuch, K.: Kybernetik und Organisation, a.a.O., S. 47.

3) Vgl. dazu auch die Überlegungen zum Gesamtwert einer Unternehmung in § 4.1 dieser Arbeit.

stellennetz vor 100 Jahren sicher keine Rentabilität erzielt haben, selbst wenn die dazugehörige Organisation eine hundertprozentige Effizienz erreicht hätte. Andererseits zeigt ein Blick auf die Realität, daß günstigste Konjunktursituationen dazu führen können, daß auch Unternehmungen mit einer sehr schlechten Organisation eine erstaunliche Rentabilität erzielen[1]. Bei begrenzten personellen und sachlichen Mitteln kann auch die beste Organisation nur eine endliche Wirkung erzielen, so daß zunächst hinsichtlich des Erfolges organisatorischer Regelungen nichts weiter ausgesagt werden kann, als daß bei schlechter Organisation eine geringere als die optimale Wirkung erzielt wird[2]. Eine Aussage wäre erst dann möglich, wenn das Zurechnungsproblem gelöst und der Anteil der Organisationsstruktur am Gesamterfolg bestimmt werden könnte. Das würde jedoch bedeuten, daß nach der Methode der isolierenden Abstraktion die Organisationsformen unter Konstanz aller übrigen Faktoren verändert werden müßten, was unter den Bedingungen dynamischer Regelstrecken (und aufgrund der Reaktionen, die in den Regelstrecken durch die Variation der Organisationsform ausgelöst würden) unmöglich ist.

Das Problem der Auswahl optimaler Organisationsformen wird jedoch nicht nur durch die offenen Fragen der Bestimmung von Leistungswirksamkeit und Kosten verschiedener Organisationsstrukturen, sondern darüberhinaus noch durch eine Schwierigkeit bestimmt, die sich aus dem Begriff der Organisationsform selbst er-

1) Vgl. Steinbuch, K.: Kybernetik und Organisation, a.a.O., S. 49.

2) Den Grenzfall gänzlicher Unwirksamkeit stellt die berühmte Parkinsonsche Organisation dar, deren funktionale Beziehungen in gegenseitige Unterhaltung ausarten und keinem eigentlichen Ziele mehr dienen; vgl. Steinbuch, K.: Kybernetik und Organisation, a.a.O., S. 47.

gibt: In der Literatur wird die Frage der Wahl der geeigneten oder besten Organisationsform meist nur einseitig unter einem ganz bestimmten Aspekt (Problem der Zentralisation oder Dezentralisation, Bestimmung der optimalen Größe einer Kommunikationsstruktur) abgehandelt, und es wird (bewußt oder unbewußt) übersehen, daß sich hinter dem Begriff der Organisationsform ein ganzer Komplex von interdependenten strukturellen und funktionellen Gestaltungsaufgaben verbirgt:

1) Gestaltung des Weisungssystems (Gleichordnung und hierarchische Ordnung der Regelkreise)

   a) Gestaltung der Weisungsrechte

      aa) Liniensystem, Funktionssystem, Stabliniensystem

      ab) Ressortgliederung, Gliederung nach Produktgruppen

   b) Festlegung der Entscheidungsspielräume (funktionelle Zentralisation oder Dezentralisation)

2) Gestaltung der Aufbaustruktur des Kommunikationssystems (vor allem die Frage der optimalen Größe der Kommunikationsprogramme) sowie die Gestaltung des Einsatzes von Kommunikationsmitteln.

3) Strukturierung von Prozessen und Abläufen (einschließlich der Ablaufstruktur des betrieblichen Kommunikationssystems)

4) Koordination der Regelkreise

   a) aktive oder passive Koordination

   b) Koordination durch generelle oder fallweise Regelungen (Problem der Konstanten des Entscheidungsprozesses)

Die Effizienz einer Organisation wird bestimmt durch das Zusammenspiel sämtlicher Komponenten des Gesamtkomplexes "Organisationsform" und ist in diesem Sinne unteilbar. Andererseits ist es

durchaus zulässig und auch zweckmäßig, die verschiedenen Teilaspekte der Organisation isoliert zu untersuchen, zumal diese Methode die einzige Möglichkeit bietet, überhaupt zu irgendwelchen Ergebnissen zu gelangen.

Häufig wird ein völlig zentralisierter Regelungsprozeß mit minimalen Entscheidungsmöglichkeiten der untergeordneten Regelkreise als Idealtypus und Muster einer vollkommenen Organisation dargestellt, vor allem deshalb, weil dadurch das (aus dem Entscheidungsspielraum der untergeordneten Regler entstehende) Moment der Indeterminiertheit und der Entfaltung von Varietät (Entropie) zurückgedrängt wird. Demgegenüber ist die Tatsache zu berücksichtigen, daß dann die Regelstrecken der betrieblichen Regelkreise derart vereinfacht werden müssen, daß ihre Varietät durch einfache Programmregelungen bewältigt werden könnte. Die Komplexität der gesamtbetrieblichen Regelungsaufgabe würde dann weitgehend auf die Unternehmungsspitze konzentriert.

Das Problem der Zentralisation und Dezentralisation von Entscheidungsprozessen und der Bestimmung entsprechender Entscheidungsspielräume ist ein typisches Beispiel dafür, daß generelle Aussagen über Zweckmäßigkeit (beziehungsweise Optimalität) einer organisatorischen Gestaltungsmaßnahme praktisch unmöglich sind, weil speziell in diesem Falle überhaupt keine Kriterien mehr dafür vorliegen, was als richtig (beziehungsweise optimal) anzusehen ist: In der Entscheidung über die Größe des Entscheidungsspielraumes müssen vor allem die Selektionsfähigkeit und die Voraussicht (hinsichtlich der Regelstreckenveränderungen) sowie der Grad der Loyalität gegenüber dem kollektiven Wertsystem bei den untergeordneten Reglern eingehen, wodurch das Problem der organisato-

rischen Gestaltung teilweise in den Bereich der Faktorqualitäten verlagert wird; diese Aussage gilt übrigens gleichermaßen für das Problem der Koordination von Regelkreisen, woraus ein gewisser Zusammenhang zwischen den Problemen des optimalen Weisungssystems und den Formen der Koordination abzuleiten ist.

Im Bereich der Gestaltung der Aufbaustruktur des Kommunikationssystems wird vor allem die Frage der optimalen Größe von Kommunikationsprogrammen diskutiert. Es stehen sich hier zunächst zwei Auffassungen gegenüber[1]:

1) Die Aufbaustruktur eines sozialen Systems soll so gestaltet werden, daß die Kommunikationsprogramme einen Informationsaustausch über die einzelne Gruppe hinaus ermöglichen und auf diese Weise die Vorteile eines Systems sich überschneidender Gruppen im Sinne der sogenannten Gruppendynamik realisieren können.

2) Die Zahl der Verbindungen zwischen den Elementen eines sozialen Systems soll auf ein Minimum reduziert und dadurch die Stabilität der Organisation gefördert werden.

Schließt man sich der gruppendynamischen Auffassung an, die auf die konkrete Aufgabenstellung ausgerichtet ist und diese nicht im Rahmen eines engen Ressortdenkens, sondern in übergeordneten Gruppen lösen will, so stellt sich die Frage nach der optimalen Größe des Kommunikationsprogrammes gerade für ein solches

1) Vgl. dazu auch Likert, Rensis: A Motivational Approach to a Modified Theory of Organization and Management, in: Haire, Mason (Hrsg.): Modern Organization Theory, New York und London 1959, S. 184 ff. und Dubin, Robert: Stability of Human Organizations, in: Haire, Mason, Modern Organization Theory, New York und London 1959, S. 218 ff.

System sich überschneidender Gruppen mit besonderer Deutlichkeit. Das Kriterium ist zunächst die Schaffung einer Struktur, welche die für die Lösung einer Aufgabenstellung benötigten Informationen (unter Berücksichtigung der bekannten Nebenbedingungen) in der richtigen Menge und Art, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort zur Verfügung stellen kann. Es wird überlagert von der Forderung nach mengenmäßiger und technischer Wirtschaftlichkeit in dem Sinne, daß die zur Herstellung einer wirksamen Kommunikationsstruktur eingesetzten Faktormengen minimiert werden sollen[1]. Zur Lösung dieses Problems liegen bisher nur einige sehr abstrakte Versuche vor: Zu erwähnen sind Ansätze mit Hilfe des Kriteriums der geringsten Kosten, indem beispielsweise Strukturmodelle mit Kostengrößen in Form von Input-Output-Relationen oder als LP-Modelle (Analogielösungen zu den bekannten Transportproblemen) aufgestellt worden sind. Alle Versuche sind jedoch entweder an den Problemen der Kostenermittlung oder an der grundsätzlichen Unzulänglichkeit der angewendeten Verfahren gescheitert, und es muß bezweifelt werden, ob auf diesem Gebiet jemals befriedigende Lösungen gefunden werden können[2].

1) Vgl. Kramer, R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, a.a.O., S. 184.

2) Zum Vergleich von Kommunikationsmodellen und zum Problem der Ermittlung optimaler Kommunikationsprogramme vgl. Stahlmann, J.: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, a.a.O., S. 175 ff. und die dort angegebene Literatur; Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, a.a.O., S. 250/251 und die dort angegebene Literatur; Bavelas, A. und Barret, D.: An Experimental Approach to Organizational Communication, in: Personnel 1951, S. 366 ff.; Gutenberg, E.: Unternehmensführung, a.a.O., S. 140 ff. und die dort angegebene Literatur. Zu dem speziellen Problemkreis des Aufbaues eines optimalen Kommunikationsnetzes im Zusammenhang mit der Anwendung elektronischer Datenverarbeitung vgl. Pietzsch, J.: Die Information in der industriellen Unternehmung. Grundzüge einer Organisationstheorie für elektronische Datenverarbeitung, Köln und Opladen 1964, S. 89 ff.; Koreimann, D.: Kybernetische Grundlagen der Betriebswirtschaft, in: BFuP 1965, S. 633 ff.

Betrachtet man die Probleme der Größe von Kommunikationsstrukturen unter dem oben dargestellten wirtschaftlichen Aspekt, so wird man feststellen können, daß die Art der Aufgabenstellungen und die enge Verflochtenheit einzelner Teilaufgaben für einige organisatorische Einheiten unter Umständen Größenordnungen erforderlich machen, die dem Prinzip einer optimalen Zahl von Kommunikationswegen entgegenstehen[1]. Darüberhinaus müssen jedoch auch die technischen Möglichkeiten der Gestaltung von Kommunikationssystemen gesehen werden, die durch eine Reihe von Nebenbedingungen begrenzt sind. Es gibt (für gegebene Kommunikationssysteme) ganz einfach technische Obergrenzen der Kapazität, die nicht durch einfache multiple Erweiterungen zu überwinden sind und dementsprechend das Wachstum von Organisationen behindern. Damit ist die Frage des Verhältnisses von Organisation (im Sinne des Teilaspektes des Kommunikationssystems) und Betriebsgröße angesprochen: Es gibt einen Punkt, bis zu dem eine Erweiterung der Betriebsgröße und damit des Informationsflusses ohne eine Veränderung der gesamten formellen Kommunikationsstruktur möglich ist. Jenseits dieser Schwelle bedarf jedoch die gesamte Aufbaustruktur (und damit auch das Kommunikationsnetz) einer grundlegenden Veränderung, um Schwierigkeiten oder gar ein Zusammenbrechen des Informationssystems zu vermeiden. Hier spielt natürlich vor allem die realtechnische Seite eine Rolle, und man wird sagen können, daß die Kommunikationstechnik in etwa der Betriebsgröße angepaßt werden und daß ab einer bestimmten Betriebsgröße eine Umstellung auf elektronische Datenverarbeitungsanlagen erfolgen muß[2].

1) Vgl. Kramer, R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, a.a.O., S. 189.

2) Vgl. Kramer, R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, a.a.O., S. 193/194.

Für den großen Bereich der Strukturierung und Koordination von Abläufen und Prozessen gibt es eine ganze Reihe von quantitativen Problemstellungen, die durch Standardmodelle des Operations Research (Planungsmodelle der statischen und dynamischen Ablauforganisation)[1] gelöst werden können; die entsprechenden Modelle stehen dann den Funktionsträgern als Handlungsregeln im Sinne von generellen Regelungen zur Verfügung. Ganz allgemein besteht die Tendenz, entsprechend dem Substitutionsgesetz der Organisation die quantitativen und auch die qualitativen Aufgabenstellungen der Ablauforganisation durch generelle Regelungen zu bewältigen. Andererseits werden die Möglichkeiten genereller Regelungen eingeschränkt durch die mangelnde Konstanz betrieblicher Entscheidungsprozesse, was zur Folge hat, daß die Handlungsregeln häufig abgeändert werden müssen und die Koordination zu einer Daueraufgabe wird, beziehungsweise daß nur Rahmenregeln festgelegt werden können, die in der konkreten Situation durch fallweise Regelungen ergänzt werden müssen.

Sichere und präzise Aussagen über die richtigen und besten Formen der Koordination sind kaum möglich, weil einerseits der Grad der Loyalität der Organisationsmitglieder und andererseits die Komplexität und Konstanz der Regelungsprozesse bei der Auswahl geeigneter Koordinationsformen eine Rolle spielt. Es ist lediglich eine Tendenz festzustellen, daß mit zunehmender Größe der Organisationsstruktur die fallweisen Regelungen möglichst durch generelle Regelungen ersetzt werden und die Koordinationszentren sich auf ein "management by exception" beschränken. Durch das Verhältnis von generellen/fallweisen Regelungen wird die Elastizität

1) Vgl. § 5.32 dieser Arbeit

der Organisation[1] ausgedrückt; diese Elastizität ist eine Größe, die wiederum weitgehend qualitativ bestimmt ist und nicht zur Präzisierung der Aussagemöglichkeiten beiträgt.

Zusammenfassung: Unter Berücksichtigung der oben dargestellten Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Leistungswirksamkeit von Organisationsstrukturen sowie der komplexen Zusammenhänge, die sich hinter dem Begriff der "Organisationsform" verbergen, muß man zu dem enttäuschenden Ergebnis gelangen, daß Aussagen über die Optimalität einer Organisation problematisch (wenn nicht unmöglich) sind[2]. Abgesehen von den Standardmodellen für quantitative Problemstellungen der Ablauforganisation wird sich die Organisationstheorie auf die Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen organisatorischer Gestaltungsmaßnahmen beschränken müssen und lediglich gewisse Wahrscheinlichkeiten angeben können, mit denen bestimmte Organisationsstrukturen in bestimmten Entscheidungskonstellationen und Betriebsgrößen die günstigsten Möglichkeiten zur Beeinflussung der Regelstrecken im Sinne der Gesamtzielsetzung der Unternehmung bieten. So wird man beispielsweise feststellen können, daß es für eine erfahrungsgeregelte Unternehmung noch genügt, die strukturellen Verbindungen statisch nach einer festgelegten Hierarchie der Funktionen auszurichten. Die Schaltungen, über welche die Anforderungen aus der Umwelt bewältigt werden sollen, sind mit der hierarchischen Folge ein für allemal festgelegt und im hierarchischen Organisationsplan aufgezeichnet. Man denkt in Organisationsplänen

1) Zum Problemkreis Elastizität/Stabilität einer Organisation vgl. auch Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung auf die Betriebsorganisation, a.a.O., S. 136/137.

2) Vgl. auch Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, a.a.O., S. 4 und S. 198; Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung, a.a.O., S. 138.

und achtet darauf, daß der Nachrichtenstrom entlang der Verbindungslinien des Organisationsplanes fließt; Abweichungen des Nachrichtenstromes vom Dienstweg werden als Störungen empfunden und dementsprechend bekämpft. Bei zunehmender Zahl und Komplexität der Anforderungen aus der Umwelt werden immer weitere Arbeitsteilungen mit entsprechenden Spezialisierungen vorgenommen, und die immer schwieriger werdende Aufteilung wird durch immer strengere Einhaltung der Dienstwege gelöst.

Während die erfahrungsgeregelte Unternehmung noch wie eine militärische Organisation aus Gehorsam und Pflicht aufgebaut sein kann, müssen die informativen Verbindungen einer progressiv geregelten Unternehmung weit über den Rahmen der Dienstwege hinausgehen und jeweils nach den konkreten Anforderungen aus der Umwelt neu geschaltet werden. Für eine bestimmte Aufgabenstellung müssen Verbindungen quer durch alle Abteilungen zu jenen Funktionsträgern laufen, die zu dem betreffenden Problem einen aktiven Beitrag leisten können. Alle Funktionsträger müssen prinzipiell bereit und durch entsprechende Kommunikationsprogramme in der Lage sein, vorübergehend (oder auch für längere Zeiträume) Bestandteil spezifischer Verhaltensstrukturen oder Progressivregelkreise zu werden, die eine bestimmte Anforderungsart bewältigen können. Für jede Verhaltensstruktur lassen sich dann Informationsflußbilder aufstellen, die die angesprochenen Schaltelemente und ihre Funktionen innerhalb der Regelkreise enthalten[1].

In dieser dynamisierten Organisation hat der oberste Regler (die Unternehmensführung) verschiedene Regelungsaufgaben: Er übt einerseits eine Konstanzregelung aus, indem er die Einhaltung der

1) Vgl. Jakobi, O.: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 54.

von ihm gestellten Rahmenaufgaben überwacht, andererseits agiert er als Regler mit Rückkopplungen zweiter und dritter Ordnung, indem er entscheidet, welche aus einer Reihe von alternativen Rahmenaufgaben die wichtigste und welche von mehreren gleichwertigen Lösungen die für die Unternehmung beste ist. Seine übergeordnete Aufgabe bezieht sich auf die Bildung und Funktion der Hauptregelkreise, also auf das Zustandekommen einer Struktur von Schaltwegen; er stellt die Rahmenaufgaben und legt die Grundschaltungen an, aus denen dann die Hauptfunktionsträger auf den verschiedenen hierarchischen Ebenen eine Vielzahl von Kreisschaltungen entstehen lassen[1)].

In amerikanischen Großunternehmen stellt man dem obersten Koordinationszentrum einen Regler eigener Art zur Seite, der den Rang einer Stabsstelle einnimmt und als "Industrial Engineer" bezeichnet wird. Dieser "Industrial Engineer" beschäftigt sich ausschließlich mit dem Entwurf, der Einrichtung und Verbesserung integrierter Systeme von Produktionsfaktoren und ist ein Spezialist für die Koordinierung von Spezialisten, um bisher getrennte Bereiche unter neuen Gesichtspunkten zu vereinen, also gewissermaßen laufend neue Verhaltensstrukturen zu schaffen[2)].

§ 5.5 Substitution Arbeit/Kapital: Elektronische Datenverarbeitung als Verstärkertechnik

§ 5.51 Kybernetik und Automation

Die geschichtliche Entwicklung des Menschen ist durch einen Prozeß der Vervollkommnung seiner technischen Hilfsmittel gekenn-

1) Vgl. Jakobi, O.: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 54.

2) Vgl. Jakobi, O.: Betriebe als Regelkreise, a.a.O., S. 55.

zeichnet, durch welche er in die Lage versetzt wird, seine Arbeitskraft zu vervielfältigen beziehungsweise zu substituieren. Dieser Prozeß der Anwendung von sogenannten Verstärkertechniken vollzieht sich in drei Stufen, die durch die entsprechenden Begriffe gekennzeichnet sind[1]:

1) Mechanisierung
2) Automatisierung
3) (Kybernetik)

Als erste entscheidende Erfindung zur Mechanisierung der Antriebsaggregate gilt die Dampfmaschine, die im Laufe der Entwicklung durch Verbrennungs- und Elektromotoren ersetzt wurde. Im Bereich der Kontrollorgane ist die neueste Entwicklung eng an den Elektromotor gebunden, weil nunmehr die Kontroll- und Steuerungsvorgänge am Stromkreis der Antriebsaggregate durchgeführt werden können. Die dabei verwendeten Elemente (Schalter, Röhren, Transistoren) sind bereits Bausteine moderner Kontroll- und Steuerungsorgane und reichen insofern über die Kontrolle mechanisierter Arbeitsvorgänge hinaus. Unter dem Gesichtspunkt der Arbeitsvorgänge verläuft die Entwicklung praktisch von der Pumpe über die Maschine zur Mechanisierung des Transportvorganges (Henry Ford) und schließlich in der letzten Stufe zur programmgesteuerten Werkzeugmaschine.

Die programmgesteuerten Werkzeugmaschinen[2] sind deshalb von besonderem Interesse, weil sie zwar an der Schwelle zur Automa-

1) Für die Verstärkung menschlicher Arbeitskraft gibt es grundsätzlich drei verschiedene Ansatzpunkte: 1) Antriebskräfte, 2) Kontrollorgane, 3) Arbeitsvorgänge.

2) Zur programmgesteuerten Werkzeugmaschine vgl. auch Kaufmann, Hans: Informations-Verarbeitung und Automatisierung. Einführende Betrachtungen zum Problem der Automatisierung in Büro und Produktion, 2. erweiterte Auflage, München und Wien 1966, S. 41 ff.

tion stehen, aber dennoch ganz eindeutig den mechanisierten Abläufen zuzurechnen sind. Von Automation kann hier noch nicht gesprochen werden, weil der Einsatz derartiger Maschinen zunächst nur zu Arbeitsabläufen führt, die als offene Kausalketten mit starrer Programmfolge konstruiert sind. Programmgesteuerten Maschinen im obengenannten Sinne fehlen als wesentliche Eigenschaften:

1) die Rückmeldung des Erfolges der programmgesteuerten Bearbeitungsvorgänge im Hinblick auf die angestrebten Normen beziehungsweise Toleranzen;
2) die Änderung des Programms bei abweichenden Ergebnissen.

Zielgerichtete Abläufe und Systeme basieren auf dem Prinzip der Kreisschaltung, und die Kontrolle der durch die Stellgrößen hervorgerufenen Ergebnisse sowie die Änderung der Stellgrößen bilden gewissermaßen die kybernetischen Nahtstellen innerhalb der Kreisschaltungen. In Systemen mit programmgesteuerten Maschinen sind diese Nahtstellen immer noch mit menschlichen Regelkreisgliedern besetzt. Von Automation kann man erst dann sprechen, wenn das Prinzip der Selbstregelung realisiert, wenn also der Mensch (wie beispielsweise in der bekannten vollautomatischen Flugabwehrkanone) innerhalb des Rückkopplungssystems vollkommen ausgeschaltet wird.

Automation bezieht sich als Substitutionsvorgang Arbeit/Kapital auf jene Elemente des sozialen Systems "Unternehmung", in denen sich Informationsprozesse abspielen. In Anlehnung an das in § 3.1 dieser Arbeit verwendete Schema der Elemente kann der Kreis der Elementegruppen, in denen grundsätzlich der Mensch als Glied des Regelungsprozesses durch elektronische Datenverarbeitungsanlagen zu ersetzen ist, in Form einer Umrandung gekennzeichnet werden:

1) Elemente der Informationsaufnahme und -sammlung
   a) reine Informationsaufnahme
   b) Kontrollorgane aller Art
   c) Informationsaufbereitung
2) Elemente der Informationsübertragung
3) Elemente der Informationsspeicherung
4) Gesteuerte Elemente
5) Regler mit Rückkopplungen erster Ordnung
6) Regler mit Rückkopplungen zweiter und dritter Ordnung
   a) Elemente der Entscheidungsvorbereitung (Planungsträger)
   b) Entscheidungsträger

Man wird feststellen können, daß bis auf den eigentlichen Entscheidungsvorgang (als Akt der Willensbildung) grundsätzlich alle Vorgänge der Informationsverarbeitung auf elektronische Datenverarbeitungsanlagen übertragbar sind. Besondere Bedeutung erlangt die Datenverarbeitung in denjenigen Bereichen, in denen die Rationalität menschlicher Verhaltensweisen durch Reibungsverluste im Kommunikationssystem, durch zeitliche Verzögerungen der Anpassungsmaßnahmen und durch zu geringe Selektionsfähigkeit der Regelungsorgane eingeschränkt wird[1]: Datenverarbeitungsmaschinen sind in der Lage, Vorgänge der Informationssammlung, Informationsaufbereitung und Informationsverarbeitung mit sehr großer Geschwindigkeit durchzuführen und deshalb besonders geeignet, einerseits vor allem repetitive Vorgänge mit vielfältigen Wiederholungen schnell und sicher abzuwickeln und andererseits weitgehend gegenwartsbezogene Entscheidungen auf der Grundlage aktueller Informationen zu ermöglichen. In Entscheidungssituationen, die durch eine große An-

1) Vgl. § 4.35 dieser Arbeit.

zahl von Variablen gekennzeichnet sind, können elektronische Datenverarbeitungsanlagen als Intelligenzverstärker eingesetzt werden, indem sie die Möglichkeit bieten, die Auswahl von Handlungsalternativen sowie die Ableitung der Konsequenzen und ihre Bewertung zu simulieren und unter den verschiedensten Datenkonstellationen als "decision games" durchzuspielen; Vogel spricht in diesem Zusammenhang von einer Eingabe von über 500 Variablen (Rohstoffpreise, Lagerbestände, Abschreibungssätze, Steuersätze, Kapazitätsgrenzen usw.)[1].

Die breite Skala der Anwendungsmöglichkeiten elektronischer Datenverarbeitung darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Anlagen in ihrem jetzigen Stadium ausnahmslos in den Bereich der Automation gehören. Die Grenzen der Automation ergeben sich aus der Struktur der Regler: Automatisierte Systeme sind immer determinierte Systeme[2] in dem Sinne, daß die Regelorgane auf die verschiedenen eingespeisten Informationen immer nur nach einem Programm (also streng determiniert) reagieren. Damit ist auch die Abgrenzung zwischen Automation und Kybernetik bestimmt: Während die Kybernetik alle Systemtypen von den selbstregelnden über die selbststabilisierenden bis zu den selbstorganisierenden Systemen untersucht, umfaßt die Automation lediglich den Bereich der Selbstregelung (determinierter Systeme); dementsprechend ist es richtig, die automatisierten Systeme als eine Untergruppe der kybernetischen Systeme zu bezeichnen[3].

1) Vgl. Koreimann, Dieter: Kybernetik und Betriebspraxis. Probleme der Information und Organisation, a.a.O., S. 153.

2) Vgl. Pedell, Karl Ludwig: Elektronische Informationsverarbeitung und Fertigungssteuerung. Ein Beitrag zur betrieblichen Verfahrensforschung in der mehrstufigen Fertigung, München und Wien 1965, S. 105.

3) Zu dem wichtigen Problemkreis "Verhältnis Automation/Kybernetik" vgl. auch die kurzen, aber sehr instruktiven Ausführungen bei Nürck, R.: Informationsverarbeitung in der Wirtschaft, in: ZfB 1963, S. 6.

§ 5.52 Die Anwendungsbereiche der elektronischen Datenverarbeitung

Nach Reuss sind es vor allem folgende vier Bereiche, in denen die menschliche Arbeitskraft durch elektronische Datenverarbeitungsanlagen ersetzt oder verstärkt werden kann[1]:

1) Bereich der Analyse und Entscheidungsplanung;
2) Bereich des Ingangsetzens von Entscheidungen beziehungsweise der Übersetzung von Entscheidungsergebnissen für die Realisationsträger;
3) Bereich der Entscheidungsrealisation, vor allem die Kontrolle und Steuerung von Abläufen und Prozessen, wobei im wesentlichen zwei Stufen zu unterschieden sind
   a) Optimierung von Produktions- und Lagerhaltungsprozessen
   b) selbstregulierende Kontrolle und Steuerung von Produktions- und Lagerhaltungskosten
4) Bereich der Informationssammlung und Informationsaufbewahrung (Gestaltung des Informationsgerüstes der Unternehmung), wobei unterschieden wird zwischen
   a) Berichtswesen
   b) Aufzeichnung
   c) Dokumentation

Aus der Anwendung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen in diesen vier Bereichen ergeben sich gewisse organisatorische Konsequenzen, denn diese vier Gruppen verlaufen quer durch die traditionelle Funktionseinteilung, weil nunmehr nicht nach Zuständigkeitsbereichen (morphologische Betrachtungsweise), sondern nach

1) Vgl. Reuss, Gerhart E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, Basel und Tübingen 1965, S. 14 ff; Sisson, Roger, L.: An Appraisal of Current Computer Application, in: Malcolm, D.G. und Rowe, A.J. (Hrsg.): Management Control Systems, New York und London 1961, S. 97 ff.

der Art von Problemstellungen (Denken in Verhaltensstrukturen) unterschieden wird[1].

Im Bereich der Analyse und Planung werden die Aufgaben der Entscheidungsvorbereitung auf die Datenverarbeitungsanlagen verlagert, die damit zu einem wesentlichen Bestandteil der entsprechenden Stabsstellen werden. Datenverarbeitungsanlagen sind mit quantitativen Informationen zu beliefern, so daß sich hier ein großes Feld für die Anwendung von Methoden der Statistik beziehungsweise des Operations Research im Sinne einer Optimalregelung ergeben. Reuss nennt einige typische Beispiele für Entscheidungsplanungen, die in ihren Zusammenhängen so kompliziert sind, daß sie nicht mehr ohne Unterstützung durch elektronische Datenverarbeitungsanlagen gelöst werden können[2]:

1) Marktanalyse und Standortplanung zur Überprüfung der Möglichkeiten, ein Zweigwerk zu errichten;
2) Planung einer termingerechten Ausführung von Großaufträgen, an denen eine Vielzahl von Zulieferern beteiligt ist (Planung mit Hilfe von PERT und CPM);
3) Technische Planung (Konstruktion).

Unter dem Sammelbegriff der Befehlsübersetzung (Bereich 2)[3] werden alle Tätigkeiten zusammengefaßt, durch welche die von der Planung ausgearbeiteten Programme in die Wirklichkeit umgesetzt werden sollen: Die Herstellung einer Zeichnung, die Ausarbeitung eines Operationsblattes und die Aufstellung einer Stückliste sind Über-

---

1) Vgl. Reuss, Gerhart E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 14.

2) Vgl. Reuss, Gerhart E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 16 ff.

3) Vgl. dazu auch Pedell, K.L.: Elektronische Informationsverarbeitung und Fertigungssteuerung, a.a.O., S. 107 ff.

setzungen eines Prgramms (beispielsweise Fertigung und Montage eines Aggregates) in Einzelanweisungen und Befehle. Aus dem Bereich der technischen Planung (Konstruktion) sind die Anfertigung von Zeichnungen jeder gewünschten Art aus den Computer-Zahlen der technischen Konstruktion sowie die Herstellung von Lochstreifen und Lochkarten aus den Konstruktionsdaten zu nennen, die die Arbeitsabläufe numerisch programmierter Werkzeugmaschinen vorschreiben. Vorgänge dieser Art findet man auch bei der Aufstellung von Materialanforderungen, bei der Erteilung von Einkaufsaufträgen, bei der Ausstellung von Lohnschecks, in der Rechnungslegung im allgemeinen, bei der Ausstellung eines Versandavis und bei den meisten Tätigkeiten buchhalterischer oder kostenrechnerischer Art[1)].

Für die Probleme der Optimierung von Produktions- und Lagerhaltungsprozessen (Bereich 3a) ist ein vielseitiges Instrumentarium analytischer Methoden aus dem Bereich des Operations Research vorhanden. Grundsätzlich können fast alle produktionstechnischen und Lagerhaltungsprobleme, bei denen es die Frage einer Optimierung überhaupt gibt, mit diesen analytischen Mitteln programmiert werden. Probleme der Optimierung (Minimierung oder Maximierung) liegen vor, wenn

1) verschiedene Erzeugnisse auf gleichen Produktionsanlagen hergestellt werden;

2) ein Erzeugnis wahlweise aus mehreren Rohstoffen oder Rohstoff-Kombinationen hergestellt werden kann;

3) Erzeugnisse an mehrere Märkte geliefert, an mehreren Orten erzeugt oder an mehreren Orten gelagert werden sollen;

---

1) Vgl. Reuss, Gerhart, E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 21.

4) Produktionsmengen im Zeitablauf bedarfsabhängig geplant werden, um Produktions- und Lagerhaltungskosten zu minimieren;

5) zwischenbetriebliche Arbeitsteilung besteht oder geplant wird[1].

Es erscheint zweckmäßig, immer wieder darauf hinzuweisen, daß es sich bei allen diesen Einspeicherungen von Lösungen nach den Methoden des Operations Research in elektronische Datenverarbeitungssysteme um Programmregelungen handelt, während der eigentliche Auswahlvorgang irgendwann einmal auf der Ebene der Optimalregelung vorangegangen sein muß.

Während es relativ einfach ist, jeden Ablauf und jede Aufgabenstellung isoliert zu optimieren, ist eine selbstregulierende Kontrolle und Steuerung von Produktions- und Lagerhaltungskosten (Bereich 3b)[2] nur möglich, wenn der Gesamtzusammenhang der Einzelvorgänge bekannt und berechenbar ist. Voraussetzung ist, daß es sich um kontinuierliche Prozesse handelt und daß bekannt ist, wie sich der Prozeß unter jeder gegebenen Datenkonstellation weiterentwickeln wird. Grundsätzlich hat die Automatisierung von Abläufen folgende Komponenten[3]:

1) mathematisches Modell des Produktionsablaufes;

2) Regeln für die Optimierung der Prozesse;

3) Programm für Art und Menge möglicher korrigierender Maßnahmen;

---

1) Vgl. Reuss, Gerhart, E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 22/23.

2) Nürck spricht in diesem Zusammenhang von der Notwendigkeit des Einsatzes von prozeßrechnenden und prozeßführenden Datenverarbeitungssystemen; vgl. Nürck, R.: Informationsverarbeitung in der Wirtschaft, a.a.O., S. 11/12.

3) Vgl. Reuss, Gerhart, E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 23.

4) technische Apparatur zum Sammeln, Rückmelden und Analysieren von Informationen über den Prozeßablauf sowie für die Durchführung von Korrekturmaßnahmen.

Stellt man die grundsätzliche Frage, wieweit die Automatisierung von Produktions- und Lagerhaltungsprozessen möglich ist und untersucht diese Frage zunächst nur unter technischen und nicht unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, so wird man feststellen können, daß Produktions- und Lagerhaltungsprozesse von Natur aus berechenbare Prozesse sind. Produktionsabläufe sind per se deterministisch, bei Lagerhaltungsproblemen (und damit auch bei der Festlegung von Produktionsplänen) spielen daneben auch zufallsabhängige Faktoren eine Rolle, die jedoch fast ausnahmslos mit statistischen Methoden quantifizierbar sind, so daß theoretisch jeder Produktionsablauf in der Industrie automatisierbar und durch Elektronenrechner steuerbar ist.

Andererseits gibt es einige schwerwiegende Gründe dafür, daß die Automation erst in verhältnismäßig wenigen Branchen angewendet wird:

1) In vielen Fällen stößt die Ausarbeitung mathematischer Prozeßmodelle noch auf Schwierigkeiten, weil Art und Zahl der Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Einflußfaktoren des Systems außerordentlich kompliziert sind.

2) Häufig liegt keine Kontinuität des Produktionsprozesses vor, weil

   a) die Mechanisierung der Transport- und Eingabevorrichtungen Schwierigkeiten bereitet;

   b) die Abläufe (wie beispielsweise bei allen Einzelanfertigungen) ihrer Natur nach diskontinuierlich sind[1].

Im Bereich der Lagerhaltungsprobleme können theoretisch die kompliziertesten Vorgänge mathematisch geplant werden, so daß die

1) Vgl. Reuss, Gerhart, E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 24.

vorfabrizierten Programme eine dispositive Tätigkeit überflüssig machen. Auch die simultane und kontinuierliche Erfassung sowie die zentrale Speicherung und Verarbeitung aller Daten in mehrstufigen Lagerhaltungsprozessen (Fabrik-Großhandel-Einzelhandel) können mit den heute existierenden Mitteln bewältigt werden, nachdem die technischen Probleme, die sich aus der Vielzahl der zu verarbeitenden Daten ergeben, inzwischen gelöst wurden[1]. Es verbleibt nur noch ein (allerdings häufig sehr schwerwiegendes) Hindernis aus der Tatsache, daß in vielen Branchen Groß- und Einzelhandel fabrikationsunabhängig sind. Lagerhaltungs- und Einkaufsdisposition fallen also in mehrere Zuständigkeitsbereiche und eine Integration der Dispositionen ist nur gegen größten Widerstand möglich. Aber auch hier ändert sich die Situation: Einerseits wird sich die Stufenzahl von Zwischenhändlern mehr und mehr verringern und die fabrikkontrollierten Absatzorganisationen werden immer größere Bedeutung erlangen, andererseits werden Groß- und Einzelhandel den Nutzen rationellerer Lagerhaltungsdispositionen erkennen[2].

Die Aufzeichnung von Daten und das Berichtswesen der Unternehmungen[3] hat sich (besonders in Europa) lange Zeit ausschließlich am Gerüst der Buchhaltung ausgerichtet, das seinerseits wiederum

1) Einen Blick in die Zukunft gewinnt man durch das gegenwärtig bestehende System der Materialversorgung für die amerikanische Luftwaffe, in welchem mit Hilfe von Elektronenrechnern ein Warenvorrat im Werte von 12 Milliarden Dollar in Lägern auf der ganzen Welt kontrolliert wird. Sämtliche Bestellungs-, Berechnungs- und Dispositionsvorgänge werden von einem komplizierten Verbundsystem elektronischer Datenverarbeitungsanlagen ausgeführt; vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 26.

2) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 25-26.

3) Zu diesem Problemkreis vgl. auch Pietzsch, Jürgen: Die Information der industriellen Unternehmung, a.a.O., S. 89 ff.

unter einseitiger Berücksichtigung der gesetzlichen und steuerlichen Vorschriften aufgebaut war. In einem großen Teil der europäischen Unternehmungen ist die Entwicklung an diesem Punkt stehengeblieben, vor allem dann, wenn Verkauf, technische Planung und Produktion in mehr oder weniger getrennten Verwaltungsbereichen nebeneinander existieren. Erst in neuerer Zeit ist man (vor allem in jenen Unternehmen, die vertikal nach Produktgruppen durchorganisiert sind) dazu übergegangen, neben den gesetzlich vorgeschriebenen Finanzunterlagen auch ein Berichtswesen aufzubauen, das der Organisationsstruktur der Unternehmung entspricht.

Die Delegation von Entscheidungsbefugnissen macht es erforderlich, daß für organisatorische Verantwortungsbereiche innerhalb der Unternehmung ein Berichtswesen (Bereich 4a) geschaffen wird, das über Stand und Fortschritt in den einzelnen Bereichen in kürzester Zeit Aufschluß geben kann. Nach dem heutigen Stand sind die Fälle nicht selten, in denen die für die Planung und Kontrolle benötigten Daten an Stellen anfallen, wo sie niemals gebraucht werden, während sie für die Kontroll- und Planungsträger kaum zugänglich sind. Sehr oft würde es Wochen dauern, ehe den Entscheidungsträgern die benötigten Daten (zusammengefaßt auf zwei Schreibmaschinenseiten) zur Verfügung stehen.

Es liegt nicht nur im Bereich der Möglichkeit, sondern auch im technischen Rahmen der heute existierenden Datenverarbeitungssysteme, den Zeitraum von einer Informationsanforderung bis zur Vorlage nicht nur auf Tage, sondern auf Sekunden zu reduzieren. Das folgt ganz einfach daraus, daß sämtliche für Entscheidungen relevante Daten bereits als Nebenprodukte im Verkaufs-, Produktions- und Planungszyklus der Unternehmung anfallen. Nutzt man die techni-

sche Kapazität der Datenverarbeitungsanlagen aus, so kann sämtliche Grundinformation im Moment ihrer Entstehung oder zentralen Registrierung zugriffsbereit gespeichert werden[1].

Das Gleiche, was für den heutigen Stand der Berichterstattung in den Unternehmungen festgestellt wurde, dürfte auch für die betriebliche Aufzeichnung (Bereich 4b) gelten: Informationen werden zwar in Büchern, Archiven, Karteien, Zeichenschränken, Mikrofilmkassetten, Plattenspeichern und Magnetbändern aufbewahrt, aber der größte Teil dieser Informationen und Daten dürfte kaum "lebendig" sein und praktisch gar nicht existieren, weil er nicht in kondensierter und geordneter Form zugänglich ist.

Eine moderne Unternehmung muß aus Erfahrungen lernen. Das aber kann sie nur, wenn diese Erfahrung zur Analyse laufender Probleme herangezogen werden kann. Jedes Unternehmen bringt (je länger es arbeitet) ein Kontinuum von Erfahrungsdaten aller möglichen Arten hervor, an denen Erfolg oder Mißerfolg vorangegangener Entscheidungen abgelesen werden könnten. So ließe sich beispielsweise die Wirksamkeit verkaufsfördernder Maßnahmen im "Laborversuch" feststellen, oder die Auswirkungen der Einführung neuer Produkte, der Auswahl neuer Verteilungsmethoden, der Durchsetzung von Standardisierungsmassen, der Umstellung organisatorischer Zusammenhänge, der Entwicklung neuer Fertigungsverfahren, der Verwendung neuer Rohstoffe, der Vornahme von Produktionsänderungen und vieler anderer Vorgänge ließen sich aus dem Vorher-Nachher-Vergleich analysieren[2].

---

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 28.

2) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 29.

Aber nicht nur in der Analyse der Auswirkungen vergangener Entscheidungen als Dispositionshilfen für zukünftige, ähnliche Maßnahmen liegt der Wert einer zentralen und umfassenden Datenaufzeichnung. Vielmehr ist ebenso wichtig, daß vergangene Erfahrungsdaten den Datenkranz für die Simulation geplanter Entscheidungsalternativen liefern können. Beispielsweise würde ein Fächer von möglichen Programmen in der Produktionskontrolle wirklichkeitsnäher ausgearbeitet werden können, wenn aus der praktischen Erfahrung bereits Zeiten, Kosten und Ausbringungsfaktoren für gleiche oder ähnliche Prozesse zur Verfügung stehen würden[1].

Ein derartiges Zentraldatenregister einer Unternehmung könnte als "Urgedächtnis" der Unternehmung[2] bezeichnet werden, das den gesamten Datenschatz aus allen Teilbereichen zugänglich speichert, und es ist durchaus nicht utopisch, daß in zehn Jahren die Speicher eines Computers, die ein solches "Urgedächtnis" enthalten, ein ebenso wertvolles Aktivum darstellen wie die teuersten Maschinenanlagen des Produktionsbetriebes[3].

Bei der Gestaltung der betrieblichen Dokumentation (Bereich 4c) ist davon auszugehen, daß alle Unternehmungen mit breitgestreutem Erzeugnisprogramm und mit umfangreicher Forschungs- und Entwicklungstätigkeit vor der Aufgabe stehen, eine riesige Menge von Informationsunterlagen (die von außen kommen oder innerhalb der Unternehmung entstehen) zu sichten, zu klassifizieren und den zuständigen Funktionsträgern zugänglich zu machen. Bisher waren die

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 30.

2) Steinbuch spricht in diesem Zusammenhang von einer "Informationsbank" (beziehungsweise einem "Super-Dokumentationssystem"); vgl. Steinbuch, K.: Kybernetik und Organisation, a.a.O., S. 97.

3) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 30.

Bibliothek und die Karteien die Informationsquellen für Forscher und Techniker, heute dagegen eröffnen elektronische Datenverarbeitungssysteme völlig neue Horizonte, so daß automatische Informationssysteme möglich und planbar sind. Im Endstadium würden solche Systeme folgende Funktionen umfassen: Festhalten der eingehenden Informationsunterlagen auf Mikrofilm, Lesen und Übertragen des Dokumentes auf Magnetband, maschinelle Abstraktion des Textes zu einer Kurzfassung, Verschlüsselung des Textes zur Klassifizierung, selektive Verteilung der Texte an zuständige Funktionsträger aufgrund sogenannter Aktionsstellen-Profile, Informationserschließung aufgrund von Anfragen.

§ 5.53 Integrierte Datenverarbeitungssysteme

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt immer nur auf die Programmierbarkeit von Entscheidungen und Prozessen innerhalb eines einzelnen speziellen Funktionsbereichs abgestellt wurde, soll im folgenden nunmehr dargestellt werden, ob und in welcher Weise mehrere solcher Funktionen zu umfassenderen Kontroll- und Steuerungssystemen integriert werden können. Es erfolgt also eine Abkehr vom einzelnen Funktionsbereich und dementsprechend ein Übergang zur Steuerung und Kontrolle umfassenderer Systeme und Funktionsbereiche.

Derartige integrierte Kontroll- und Steuerungssysteme in einem Unternehmen (sogenannte Management Control Systems)[1] basieren

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 32 ff. in Anlehnung an Dickie, H.Ford: Integrated System Planning at General Electric Company, in: Malcolm D.G. und Rowe, A.J. (Hrsg.): Management Control Systems, New York und London 1961, S. 137 ff; ferner: Hellfors, Sven: Management-Datenverarbeitung-Operations Research, a.a.O., S. 64 ff.

zunächst im wesentlichen auf zwei wichtigen Voraussetzungen:

1) Steuerung "on line", was besagen soll, daß
   a) das Kontroll- und Steuerungssystem einen kontrollierenden steuernden Bestandteil des betrieblichen Gesamtkreislaufs bildet und nicht nur ein peripheres Werkzeug ist, dessen man sich zur Lösung bestimmter Einzelprobleme bedient;
   b) Informationen und Daten im Augenblick ihrer Entstehung und Registrierung (Wahrnehmung) durch das System zu einem Bestandteil der Ausgangs- und Kontrolldaten werden, die ständig auf dem laufenden gehalten werden.
2) Steuerung in "real time",[1] wodurch ausgedrückt werden soll, daß durch die Entscheidungen, denen diese Daten zugrundeliegen, sofort in die noch im Ablauf befindlichen Vorgänge eingegriffen werden kann[2].

Bei einem derartigen Management Control System geht es also nicht mehr nur um den selbstregulierenden Ablauf automatisierter Produktionsprozesse, sondern um die einheitliche Steuerung von Gesamtabläufen, die sich über mehrere der traditionellen Funktionsbereiche der Unternehmung erstrecken[3]. Grundsätzlich wird man

1) Zum Begriff der "real-time"-Datenverarbeitung vgl. auch Widdel, Günther: Datenverarbeitung im kommunalen Einwohnerwesen, Diss. Göttingen 1966, S. 46 und S. 165; Kalscheuer, Hans D.: Integrierte Datenverarbeitungssysteme für die Unternehmensführung, Berlin 1967, S. 28 u. S. 58; Malcolm, Donald G.: Exploring the Military Analogy-Real Time Management Control, in: Malcolm, D.G. und Rowe, A.J. (Hrsg.): Management Control Systems, New York und London 1961, S. 187 ff.

2) Vgl. dazu auch: Sprague, R.E.: Electronic Business Systems. Management Use of On-Line - Real-Time- Computers, New York 1962.

3) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 32.

sagen können, daß in ein integriertes Kontroll- und Steuerungssystem alle diejenigen Funktionen einbezogen werden können, die eine "main line" (einen Hauptstrang) der Arbeit der Unternehmung darstellen; meist handelt es sich also um diejenigen Tätigkeitsbereiche, die direkt mit der Leistungserstellung (Fertigung oder Erbringung von Dienstleistungen) zusammenhängen[1].

Derartige "Hauptstränge" findet man selbstverständlich vor allem in Industriebetrieben. Daneben gibt es jedoch einige weitere interessante Bereiche, in denen integrierte Kontroll- und Steuerungssysteme denkbar und teilweise auch bereits tatsächlich installiert worden sind[2]:

1) Transportbetriebe (vor allem Luftfahrtgesellschaften): die "main line" einer Luftfahrtgesellschaft umfaßt Reservierung, Fahrkartenausgabe, Platzdisposition, Fahrplanausarbeitung, Bodenoperationen, Flugkontrolle, Einsatz von Flugzeugen und Besatzungen, Instandhaltung, Verwaltungsarbeit.

2) Großversandhäuser

3) Einzelhandelsketten und Kaufhäuser; als Hauptfunktionen im Rahmen elektronisch gesteuerter Systeme werden hier Verkaufsberichterstattung und Verkaufsanalyse, Marktanalyse, Kontrolle der Außenstände, Einkauf und Disposition, Lagerhaltung, Wareneingang und -kennzeichnung, Auslieferung und Personaleinsatz zusammengefaßt[3].

4) Banken und Versicherungen

---

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 33.

2) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 37 ff.

3) Vgl. auch Rüegg, Max: Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung in der Unternehmung unter besonderer Berücksichtigung des Warenhauses, Dissertation Zürich 1963, S. 26 ff.

5) Ferngelenkte integrierte Gesamtkontrolle für Unternehmungen, die sich aus einer Vielzahl geographisch verstreuter Teilbetriebe zusammensetzen[1].

6) Kontroll- und Steuerungssysteme der amerikanischen Luftwaffe[2].

Reuss erklärt den Begriff der "main line" an Hand eines tatsächlich installierten Systems in der Fabrikation von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren[3]: Man war von der Feststellung ausgegangen, daß die Bestände an Rohmaterialien, Halbfertigerzeugnissen und Endprodukten laufend anstiegen, weil der Fabrikationszyklus (besonders bei einer Vielzahl von Typen) unverhältnismäßig lang war. Die physische Bearbeitungszeit der Produkte war auf einen Bruchteil des Zeitraumes zwischen Bestellung und Auslieferung zusammengeschrumpft, so daß die indirekten Kosten (Gemeinkosten) laufend anstiegen; darüber hinaus war die Sammlung, Aufbereitung und Aufzeichnung von technischen Informationen ineffizient.

Das Problem wurde gelöst, indem man den gesamten Ablauf von Bestellung bis Auslieferung als Gesamtsystem untersuchte (siehe Abbildung 16). Es wurden diejenigen Vorgänge identifiziert, die den Hauptstrang der Tätigkeit der Unternehmung bilden, und ihre Sequenz untersucht. Jeder Vorgang basiert auf dem Ergebnis der vorangegangenen Stufen, sowie auf den Hilfsinformationen, die als Referenzdaten für die jeweiligen Vorgänge dienen:

---

1) Näheres vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 38/39.

2) Näheres vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 39/40.

3) Ein entsprechendes Beispiel findet man bei Kalscheuer, Hans D.: Integrierte Datenverarbeitungssysteme für die Unternehmensführung, a.a.O., S. 105 ff.

Vorgang 1: Prüfung des Auftrags und seine Übertragung, Klassifizierung und Verschlüsselung in die Form interner Informationsunterlagen

Vorgang 2: Gesamte technische Vorbereitung des Auftrags (vor allem dann notwendig, wenn es sich um Sonderanfertigungen handelt). Dazugehörige Hilfsinformation: a) Spezifikation, Zeichnungsarchiv.

Vorgang 3: Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung. Hilfsinformationen: b) Operationsblätter, Zeitvorgaben.

Vorgang 4: Ausarbeitung von Qualitätskontrollplänen für die Herstellung und Endabnahme; dieser Vorgang bildet nur dann eine eigene Funktion, wenn es sich um die Fertigung nicht-standardisierter Typen handelt, während bei Standardtypen Qualitätskontrollvorschriften und technische Aufbereitung (Stufe 2) nicht gesondert erforderlich sind, weil diese Programme dort eine feste Routine bilden. Hilfsinformationen: c) Toleranzen, Inspektionsvorschriften, Schadensstatistiken.

Vorgang 5: Kostenkalkulation. Hilfsinformation: d) Kosteninformation.

Vorgang 6: Planung und Kontrolle des Produktionsablaufes, mit der gesamten Lagerhaltungskontrolle, Materialdisposition, Einkaufsdisposition, Produktionsprogrammierung. Hilfsinformationen: e) Lagerbestände, Auftragsbestände.

Vorgang 7: Eigentliche Fertigung (Produktion).

Vorgang 8: Endabnahme und Versanddisposition.

Bei der Planung eines derartigen Kontrollsystems muß der gesamte Zyklus als ein einheitliches System behandelt werden, das nur einen "Input" (nämlich die Kundenbestellung) und einen "Output" (das fertige Produkt) hat. Darüberhinaus darf der Ablauf der einzelnen Prozesse nicht so geplant werden, daß er auf menschliche Disposition und auf irgendeine traditionelle Organisationsform zugeschnitten wird, sondern die elektronische Datenverarbeitungsanlage steht im Mittelpunkt, und die Abläufe müssen so geplant

werden, daß sie einen Teil eines integrierten, elektronisch gesteuerten Kontrollsystems bilden können. Das aber bedeutet, daß

1) die Referenzarchive der Hilfsinformationen zugriffsbereit gespeichert werden;
2) die Resultanten der einzelnen Stufen des Systems automatisch an die folgende Stufe weitergeleitet werden;
3) in jeder Stufe aufgrund dieser Resultanten und aufgrund der Hilfsinformationen programmierte Entscheidungen (im Sinne einer Programmregelung) getroffen werden;
4) ein Informationskreislauf zur Übermittlung von Rückkopplungskontrolldaten vorgesehen wird;
5) der eigentliche Produktionsvorgang aufgrund der vorangegangenen Planung und aufgrund eingebauter Selbstregulierung abläuft[1].

Von dem Augenblick an, da der geprüfte Auftrag verschlüsselt in den internen Kreislauf eingeht, bis zur Versanddisposition für das fertige Produkt läuft das System vollständig unter der Kontrolle elektronischer Rechenanlagen; Dispositionen werden selbsttätig getroffen, und die Informationsunterlagen, die im Prozeß selbst und nach außen hin vorkommen, werden durch Datenverarbeitungsanlagen erstellt.

Verfolgt man diesen Prozeß in den einzelnen Funktionen der "main line", so geht es im einfachsten Fall in Stufe eins (Kauf eines Standardartikels aus dem Sortiment) um eine einfache Klassifizierung und um die routinemäßige Bedarfsangabe für ein Erzeugnis, dessen Spezifikation und Zusammensetzung bekannt und bereits Teil der Produktionsplanungsunterlagen sind.

Schwieriger liegen die Verhältnisse im Fall von Sonderanfertigungen: Hier muß in Stufe zwei ein Programm für den Computer ausgearbeitet werden, welches es ermöglicht, die Konstruktionsdaten

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 35.

für den betreffenden anzufertigenden Gegenstand aus dem Gesamtarchiv konstruktiver Unterlagen der Einzelelemente und Baugruppen aller bisher gebauten Standard- und Sondermodelle zusammenzustellen.

Aufgrund dieser Konstruktionsunterlagen erfolgt automatisch eine Erstellung von Stücklisten, Zeichnungen und Operationsblättern, die in Stufe drei unter Hinzuziehung der gespeicherten Zeitvorgaben zu Kostenkalkulationen (Stufe fünf) verarbeitet werden. Als nächster Schritt wird mit Methoden der Programmierungsrechnung die kostengünstigste Arbeitsfolge und Maschinenbelegung ermittelt. Programm und Arbeitsanweisungen gehen dann in die Produktion (Stufe sieben). In Fällen, in denen für gewisse Arbeitsfolgen numerisch kontrollierte Werkzeugmaschinen verwendet werden, kann das Bearbeitungsprogramm der Maschine vom Computer direkt erstellt werden.

In Stufe vier (Planung der Qualitätskontrolle) wird festgelegt, wo, wie und wie oft geprüft werden soll; auch diese Funktion wird vom Computer übernommen. (Die dazugehörige Abbildung 16 siehe Seite 257.)

In Stufe sechs wird als Teil der Produktionsplanung die Lagerdisposition durchgeführt: Der aus der Aufschlüsselung in Stücklisten ermittelte Bedarf an Roh- und halbfertigem Material wird mit Beständen verglichen, deren Niveau nach vorgegebenen Entscheidungsregeln kontrolliert wird. Alle Einkaufsanweisungen und innerbetrieblichen Materialdispositionen erfolgen automatisch.

Der Ablauf des Produktionsprozesses in Stufe sieben wird laufend durch Meldestationen an die Kontrollzentrale rückgekoppelt, wo der jeweilige Stand der Arbeit am Ende des Tages die Grunddaten

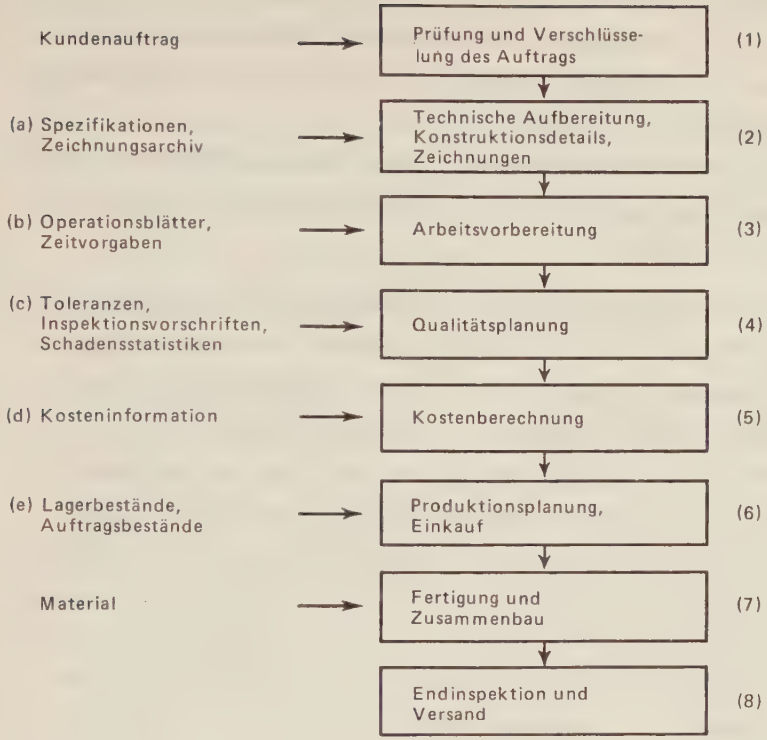

Abb. 16: Schema eines integrierten Datenverarbeitungs-Systems

für die Aufstellung des optimalen Produktionsprogramms für den folgenden Tag liefert.

Die in den verschiedenen Stufen des Planungs-, Vorbereitungs- und Produktionszyklus anfallenden Informationen können automatisch zur Buchhaltung, Rechnungslegung, Kostenkontrolle, Lohnabrechnung und allgemeinen Berichterstattung weiterverarbeitet werden; dabei handelt es sich dann im wesentlichen um die routinemäßigen Operationen der Aufzeichnung, Versendung, Zusammenfassung und Darstellung.

Man wird feststellen können, daß hier ein System für den relativ komplizierten Vorgang diskontinuierlicher Fertigungsprozesse gezeigt wurde, das die Reaktionszeit des Betriebes auf einen einzigen Tag reduziert und das es der Unternehmensleitung ermöglicht, sich auf direkte Eingriffe in Ausnahme- und Krisenfällen zu beschränken, statt auch den ganzen Routineablauf des Systems überwachen zu müssen[1].

Im "Hauptstrang" des Unternehmens liegen beim durchschnittlichen Industriebetrieb 80% des Anlagevermögens, und außerdem fallen hier sämtliche direkten Lohn- und Materialkosten des Betriebes, sowie etwa 40% der indirekten Lohn- und Materialkosten an; darüberhinaus sind die gesamten Warenvorräte ein Teil des Hauptstranges. Diese Kosten- und Investitionskonzentration variiert natürlich in den verschiedenen Industriezweigen, doch ist anzunehmen, daß in jedem Falle der Großteil der Investitionen und Kosten in diesen Bereich fällt. Daraus ist zu folgern, daß durch die Einführung von integrierten Kontrollsystemen große potentielle Produktivitätssteigerungen zu realisieren sind[2].

§ 5.54 Elektronische Datenverarbeitung unter den Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und der Auswirkungen auf die Organisation der Unternehmung

Im letzten Absatz des vorangegangenen Abschnitts ist bereits die Frage des Nutzeffektes und der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 36.

2) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 37.

elektronischer Datenverarbeitungsanlagen berührt worden. Über diesen Punkt sind bereits viele Untersuchungen angestellt worden, ohne daß man zu konkreten Ergebnissen kommen konnte[1]. Es ist lediglich möglich, einige wesentliche Gesichtspunkte gegenüberzustellen, die bei Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zu beachten sind:

1) Auf der Aufwandseite stehen zunächst die Investitionen für die Anlagen, daneben aber auch die Planungs- und Programmierungsarbeiten bei der Installation von Datenverarbeitungssystemen.

2) Auf der Ertragsseite bieten die Personaleinsparungen (beziehungsweise die Steigerung des bewältigten Arbeitsvolumens bei gleichem Personalbestand) einen gewissen konkreten (zahlenmäßig erfaßbaren) Anhaltspunkt.

3) Nur noch schätzungsweise in Zahlen zu erfassen sind die indirekten Einsparungen durch Herabsetzung der Lagerbestände; als Faustregel gilt hier eine Senkungsrate von etwa 30 Prozent.

4) Völlig unmöglich ist es, die durch den Computer ermöglichte Verkürzung der Reaktionszeit eines Unternehmens zahlenmäßig zu bewerten.

Es wird zweckmäßig sein, bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen für elektronische Datenverarbeitungsanlagen weniger auf die Kosteneinsparungen durch Automatisierung des gesamten Kreislaufes abzustellen, sondern sich darüber klarzu-

---

1) Vgl. Kalscheuer, Hans D.: Integrierte Datenverarbeitungssysteme, a.a.O., S. 95 ff.; Rüegg, Max: Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung in der Unternehmung, a.a.O., S. 90 ff.; Hartmann, B.: Betriebswirtschaftliche Grundlagen der automatisierten Datenverarbeitung, Freiburg 1961, S. 56 ff.

werden, daß der wahre Nutzen eines integrierten elektronischen Informationssystems gerade in der Verkürzung der Reaktionszeit liegt, die bisher fälschlich als Nebenprodukt oder indirekte Auswirkung angesehen wurde[1].

Die Verkürzung der Reaktionszeit tritt nicht nur dadurch ein, daß die für die Entscheidungen notwendigen Daten sofort griffbereit sind, sondern daß ein auf elektronischen Datenverarbeitungsanlagen programmiertes Betriebssystem es erlaubt, Krisen und Abweichungen von Gleichgewichtssituationen sofort und nicht erst post festum in einer Bilanzbesprechung zu erkennen. Der Computer kann so programmiert werden, daß er Abweichungen von Trends, von Budgetzahlen und anderen Kontrollniveaus sofort anzeigt. Dadurch können Großunternehmen zum ersten Mal in die Lage versetzt werden, daß viel zitierte "management by exception" zu realisieren; das Eingreifen der Entscheidungsträger wird dann auf Krisen, Ausnahmen und Abweichungen konzentriert[2].

Ein Denken in diesen Kategorien und Dimensionen geht weit über den Bereich der direkt berechenbaren Einsparungen hinaus und kann über das Wachstum beziehungsweise unter Umständen sogar über das Leben (oder Überleben) der Unternehmung entscheiden, wenn man bedenkt, daß beispielsweise in einer Luftverkehrsgesellschaft ein Unterschied im Auslastungsfaktor von weniger als 5% die Grenze zwischen riesigen Verlusten und ansehnlichen Gewinnen ausmacht[3].

---

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 28.

2) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O. S. 28; Hellfors, Sven: Management-Datenverarbeitung-Operations Research, a.a.O., S. 77/78; Kalscheuer, Hans D.: Integrierte Datenverarbeitungssysteme, a.a.O., S. 59/60.

3) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 41.

Selbstverständlich wird der Mensch nicht vollkommen aus dem betrieblichen Regelungsprozeß ausgeschaltet werden (selbst wenn theoretisch der Elektronenrechner alle betrieblichen Funktionen schneller und genauer durchführen könnte als der Mensch), sondern es kommt zu einer Arbeitsteilung zwischen Mensch und Computer, deren Art sich einerseits aus einem Vorteilsvergleich zwischen Mensch und Maschine im industriellen Management und andererseits aus der jeweiligen Häufigkeit nicht programmierbarer Entscheidungsprozesse an einzelnen Stellen des Unternehmens ergibt[1].

Bei der Frage, an welchem Punkt der Einsatz eines Computers lohnend wird, gelangt Reuss zu einer analogen Anwendung der volkswirtschaftlichen Theorie der komparativen Kosten, die darauf basiert, daß eine Arbeitsteilung sich nicht nach dem absoluten, sondern nach dem komparativen Kostenvorteil einer Volkswirtschaft gegenüber einer anderen richtet. Die analoge Anwendung auf die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Computer führt zu folgenden Überlegungen: Ist ein Elektronenrechner in der Durchrechnung konstruktiver Probleme tausendmal so schnell und billiger als ein Ingenieur, so wird wahrscheinlich ein Computer diese Arbeit übernehmen. Ist jedoch beim Schreiben eines Diktats der Computer nur zehnmal so schnell und darüber hinaus billiger als eine menschliche Arbeitskraft, so wird diese Funktion gar nicht oder erst sehr viel später automatisiert werden. Die Substitution des Produktionsfaktors Arbeit durch Rechenanlagen wird also dort am weitesten gehen, wo der komparative Vorteil des Elektronenrechners am

---

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 50.

größten ist; nach Reuss[1] ist er am größten

1) in der Mechanisierung verwaltungsmäßiger Vorgänge und in der Verarbeitung umfangreichen Datenmaterials[2];
2) in der Steuerung integrierter Produktionsprozesse;
3) in der Durchrechnung komplizierter Aufgaben mit einer großen Anzahl von Variablen.

Die menschliche Entscheidung und Managementkontrolle wird sich im wesentlichen dort konzentrieren, wo die Nahtstellen innerhalb eines Gesamtsystems sind, wo das System die Umwelt tangiert und schließlich dort, wo Standort und Zukunftsausrichtung des Gesamtsystems im Rahmen seiner Umwelt festgelegt werden.

Stellt man die Frage, ob und inwieweit sich aus dem Einsatz integrierter Datenverarbeitungssysteme Auswirkungen auf die Organisationsform von Großunternehmungen ergeben, wird man generell feststellen können, daß das Vordringen integrierter Konstrollsysteme zu einer strikten vertikalen Organisation von Produktbereichen führen wird und daß alle Unternehmen mit breitem Erzeugnisprogramm von der Ressortgliederung (Verkauf, Produktion, technische Planung und Entwicklung) abgehen und zu einer strikten vertikalen Zusammenfassung der gesamten Geschäftsbereiche nach Produktgruppen kommen werden, um den gesamten Kreislauf innerhalb der Produktbereiche optimal steuern zu können[3].

---

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 50.

2) Vgl. Nürck, R.: Informationsverarbeitung in der Wirtschaft, a.a.O., S. 7.

3) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 53; Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung auf die Betriebsorganisation, a.a.O., S. 145.

Die Stabsabteilungen auf untergeordneten Ebenen (Analyse, Vorbereitung und Kontrolle von Entscheidungen in Teilbereichen) werden mehr und mehr an Bedeutung verlieren, da Informationssammlung und -aufbereitung, Berichterstattung und Analysen von Computern ausgeführt werden können. Dafür werden im Großunternehmen die Planungsstäbe auf höchster Ebene aufgebaut, in denen Organisationsplanung, Planung von Kontroll- und Steuerungssystemen, Operations Research, Management-Information und langfristige Analysen der Unternehmungsstrategie konzentriert werden und die direkt der Geschäftsleitung untergeordnet werden[1].

Die Anforderungen an schnelle und eindeutige Reaktionsfähigkeit und die sofortige Zugänglichkeit aller Grunddaten, die für die echten Führungsentscheidungen erforderlich sind, werden zu einer mehr hierarchischen Leitungsstruktur der Unternehmung führen, während das noch oft gebräuchliche "Kollegialprinzip" in seiner bisherigen Form verschwinden wird. Die Funktionen und Aufgabenbereiche der Geschäftsleitung, besonders in Unternehmungen mit vielseitigem Produktionsprogramm, werden sich grundlegend wandeln: Heute ist die Regel, daß Vorstandsmitglieder der Aktiengesellschaften einzelne Ressorts exekutiv leiten und daß die Linien der Funktionsbereiche (Finanzen, Verkauf, Produktion, Einkauf, Personal, Forschung und Entwicklung) erst im Vorstand zusammenlaufen. Diese Organisationsform wird deshalb verschwinden, weil die Verantwortungsbereiche mit den logisch integrierten Kreisläufen im Produktionsprozeß der Unternehmung nicht kongruent sind[2].

---

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 53; Kern, W.: Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung auf die Betriebsorganisation, a.a.O., S. 145.

2) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 54.

In diesen Kreisläufen wird die Produktgruppe (wie sie von Markt, Produktion, Entwicklung und Finanzdisposition diktiert wird) zum organisatorischen Maßstab, und das Fachressort wird abgebaut. Man kann diesem Tatbestand dadurch Rechnung tragen, daß man unter der Geschäftsleitung Direktoren für einzelne Produktgruppen einsetzt, denen die Koordination der Geschäftsbereiche obliegt. Die Geschäftsleitung wird weiterhin aus Finanzchef, Produktionschef, Verkaufschef bestehen, die die Richtlinien der Unternehmenspolitik in den einzelnen Ressorts festlegen, sowie die Weiterentwicklung und Koordination in den Fachbereichen bestimmen. Da sie jedoch von der exekutiven Leitung der einzelnen Fachbereiche frei gestellt ist, wird sie sich primär der langfristigen Planung, der Strategie, der Festlegung der Unternehmungspolitik und Organisationsform und der Planung der Besetzung von Führungsposten widmen können und wird damit in Aufbau und Funktion einem militärischen Generalstab ähnlich[1].

---

1) Vgl. Reuss, G.E.: Management im Zeitalter des Elektronenrechners, a.a.O., S. 54; weitere Gesichtspunkte zur Auswirkung der (integrierten) elektronischen Datenverarbeitung auf die Organisationsstruktur der Unternehmung: vgl. Kalscheuer, Hans D.: Integrierte Datenverarbeitungssysteme, a.a.O., S. 79 ff.

Literaturverzeichnis

Adam, A.: Industrielle Systemforschung, in: Unternehmensforschung 1958, S. 105 ff.

Adam, A.: Betriebskybernetik, in: Unternehmensforschung 1960, S. 44 ff.

Adam, A.: Betriebliche Verfahrensforschung (Operations Research) und Informationswesen, in: Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft (Hrsg.): Führungsentscheidungen und ihre Dispositionshilfen, Berlin o.J., S. 34 ff.

Albach, H.: Wirtschaftlichkeitsrechnung bei unsicheren Erwartungen, Köln-Opladen 1959

Albach, H.: Zur Theorie der Unternehmungsorganisation, in ZfhF 1959, S. 238 ff.

Albach, H.: Entscheidungsprozeß und Informationsfluß in der Unternehmungsorganisation, in: Schnaufer-Agthe (Hrsg.): Organisation (TFB-Handbuchreihe), Band 1, Berlin und Baden-Baden 1961, S. 335 ff.

Angermann, A.: Gleichgewichtskalkulation, Meisenheim/Glan 1952

Angermann, A.: Kybernetik und betriebliche Führungslehre, in BFuP 1959, S. 257 ff.

Angermann, A.: Industrielle Planungsrechnung, Band I: Entscheidungsmodelle, Frankfurt/Main 1963

Angermann, A.: Vorlesung "Industriebetriebslehre", gehalten an der Universität Göttingen, Wintersemester 1963/64

Anisimow, S. und Wislobokow, A.: Dialektischer Materialismus und Kybernetik, in: Ostprobleme 1960, S. 561 ff.

Arrow, K.J.: Social Choice and Individual Values, New York 1951

Ashby, W.R.: An Introduction to Cybernetics, 4. Auflage, London 1961

Bartke, G.:	Die Methoden zur Ermittlung des Gesamtwertes einer Unternehmung (Eine Stellungnahme), in ZfB 1960, S. 736 ff.
Bavelas, A. und Barret, D.:	An Experimental Approach to Organizational Communication, in: Personnel 1951, S. 366 ff.
Beer, St.:	Kybernetik und Management, Frankfurt/Main 1959
Bender, K.:	Pretiale Betriebslenkung, Essen 1951
Berg, A.I.:	Die Steuerung komplizierter dynamischer Systeme als philosophisch-technisches Problem, in: Ostprobleme 1960, S. 546 ff.
v. Bertalanffy, L.:	Das biologische Weltbild, 1. Band, Bern 1949
v. Bertalanffy, L.:	Zu einer allgemeinen Systemlehre, in: Biologia generalis 1951, S. 114 ff.
Berthel, J.:	Informationen und Vorgänge ihrer Bearbeitung in der Unternehmung. Eine programmatische Problem- und Aussagenanalyse, Berlin 1967
Bleicher, K.:	Zentralisation und Dezentralisation von Aufgaben in der Organisation der Unternehmungen, Berlin 1966
Böhm, H.H. und Wille, F.:	Direct Costing und Programmplanung. Moderne Kalkulationsverfahren für gewinnoptimale Produktions- und Verkaufsprogramme, München 1960
Brändle, R.:	Unternehmungswachstum. Zur Dogmengeschichte und Methodologie der Theorie des Unternehmungswachstums, Dissertation München 1966
Burkamp, W.:	Struktur der Ganzheiten, Berlin 1929
Busse von Colbe, W.:	Stichwort "Substanzerhaltung" in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band III, Stuttgart 1960, Sp. 5310 ff.
Busse von Colbe, W.:	Entwicklungstendenzen in der Theorie der Unternehmung, in ZfB 1964, S. 615 ff.
Churchman, C.W./ Ackoff, R.L./ Arnoff, E.L.:	Operations Research. Eine Einführung in die Unternehmensforschung, Wien und München 1961
Couffignal, L.:	Kybernetische Grundbegriffe, Baden-Baden 1962
von Cube, F.:	Was ist Kybernetik? Grundbegriffe-Methoden-Anwendungen, Bremen 1967
Cyert, R.M. und March, J.G.:	A Behavioral Theory of the Firm, Englewood Cliffs 1963

Ducrocq, A.:	Die Entdeckung der Kybernetik, Frankfurt/ Main 1959
Etziopi, A.:	Modern Organizations, Englewood Cliffs 1964
Eulenburg, F.:	Das Geheimnis der Organisation, Berlin 1952
Ferschl, F.:	Entscheidungsproblem und strategische Spiele, in: Unternehmensforschung 1958, S. 49 ff.
Fischer, H.:	Information und Kommunikation, in: Industrielle Organisation 1959, S. 161 ff.
Flechtner, H.J.:	Grundbegriffe der Kybernetik, Stuttgart 1966
Gäfgen, G.:	Zur Theorie kollektiver Entscheidungen in der Wirtschaft, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 1961, S. 1 ff.
Gäfgen, G.:	Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, Tübingen 1963
Geyer, H. und Oppelt, W.:	(Herausgeber): Volkswirtschaftliche Regelungsvorgänge im Vergleich zu Regelungsvorgängen in der Technik, München 1957
Gradmann, H.:	Die Rückkopplung als Urprinzip der Lebensvorgänge, München 1963
Grochla, E.:	Die Träger der Betriebsplanung, in ZfhF 1958, S. 511 ff.
Grochla, E.:	Automation und Organisation, Wiesbaden 1966
Grunewald, A.E.:	Unternehmungsziele und Unternehmungserhaltung. Versuch einer neuen Gesamtkonzeption der Betriebswirtschaftslehre, in: ZfhF 1959, S. 86 ff.
Gutenberg, E.:	Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band I: Die Produktion, 6. Aufl., Berlin-Göttingen-Heidelberg 1961
Gutenberg, E.:	Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band II: Der Absatz, 4., neubearbeitete Auflage, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1962
Gutenberg, E.:	Unternehmensführung. Organisation und Entscheidungen, Wiesbaden 1962
Haire, M.:	Modern Organization Theory, New York und London 1959

Hartmann, B.: Betriebswirtschaftliche Grundlagen der automatisierten Datenverarbeitung, Freiburg 1961

Haseloff, O.W.: Einige Hypothesen zur Struktur von Lernprozessen, in: Steinbuch, K. und Wagner, S.W. (Herausgeber): Neuere Ergebnisse der Kybernetik. Bericht über die Tagung Karlsruhe 1963 der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Kybernetik, München und Wien 1964

Hasenack, W.: Methoden- und Entwicklungsprobleme der Betriebswirtschaftslehre, in: Aktuelle Betriebswirtschaft, Festschrift für Konrad Mellerowicz, Berlin 1952, S. 1 ff.

Hasenack, W.: Betriebliche Kategorien. Konzeption und Grundriß von Seinskategorien und allgemeinen Handlungsprinzipien im Betriebsleben, in ZfB 1952, S. 1 ff. und S. 162 ff.

Hasenack, W.: Grundsätze zur Gestaltung der Eigenverantwortlichkeit in der Unternehmung, in: ZfhF 1957, S. 281 ff.

Hasenack, W.: Stichwort "Kategorien betriebliche", in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band II, Stuttgart 1958, Sp. 3088 ff.

Hax, K.: Die Substanzerhaltung der Betriebe, Köln und Opladen 1957

Arbeitskreis Hax der Schmalenbach-Gesellschaft: Wesen und Arten unternehmerischer Entscheidungen, in: ZfbF (früher ZfhF) 1964, S. 685 ff.

Heinen, E.: Die Zielfunktion der Unternehmung, in: Festschrift für Erich Gutenberg, Wiesbaden 1962, S. 9 ff.

Heinen, E.: Das Zielsystem der Unternehmung. Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen, Wiesbaden 1966

Helfors, S.: Management - Datenverarbeitung - Operations Research. Die Auswirkungen moderner Datenverarbeitungstechniken auf die betriebliche Leitungstätigkeit, München und Wien 1967

Holt, Ch.C. und Simon, H.E.:	Optimal Decision Rules for Production and Inventory Control, in: Proceedings of the Conference on Production and Inventory Control (Case Institute of Technology), Cleveland 1954, S. 73 ff.
Illetschko, L.L.:	Die rationalen Grundlagen der Führungsentscheidungen im Betriebe, in: Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft (Hrsg.): Führungsentscheidungen und ihre Dispositionshilfen, Berlin o.J., S. 20 ff.
Illetschko, L.L.:	Die Unternehmenstheorie (Elemente rationaler Betriebslenkung), Wien 1964
Irle, M.:	Soziale Systeme (Kritische Analyse der Theorie von formalen und informalen Organisationen), Göttingen 1963
Itelson, L.B.:	Die Kybernetik und Fragen der Arbeitspsychologie, in: Sowjetwissenschaft (Serie Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge) 1962, S. 1105 ff.
Jacob, H.:	Die Methoden zur Ermittlung des Gesamtwertes der Unternehmung, in ZfB 1960, S. 131 ff. und 209 ff.
Jacob, H.:	Der Zukunftserfolgsbegriff und die Verfahren der Unternehmungsbewertung, in ZfB 1961, S. 231 ff.
Jakobi, O.:	Betriebe als Regelkreise, in: Fortschrittliche Betriebsführung 1963, S. 50 ff.
Kalscheuer, H.D.:	Integrierte Datenverarbeitungssysteme für die Unternehmensführung, Berlin 1967
Kaufmann, H.:	Informations-Verarbeitung und Automatisierung. Einführende Betrachtungen zum Problem der Automatisierung in Büro und Produktion, 2. erweiterte Auflage, München und Wien 1966
Kern, W.:	Die Ausstrahlung der Unternehmensforschung auf die Betriebsorganisation, in BFuP 1965, S. 134 ff.
King, G.:	Was ist Information? in: Sammelwerk "Elektronengehirn", Wiesbaden o.J., S. 129 ff.

Klaus, G.:	Das Verhältnis von Kausalität und Teleologie in kybernetischer Sicht, in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1960, S. 1266 ff.
Klaus, G. und Thiel, R.:	Über die Existenz kybernetischer Systeme in der Gesellschaft, in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1962
Klaus, G.:	Kybernetik in philosophischer Sicht, dritte überarbeitete Auflage, Berlin 1963
Koch, H.:	Stichwort "Planung", in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Bd. III, Stuttgart 1960, Sp. 4340 ff.
Koreimann, D.:	Kybernetik und Betriebswirtschaft. Zugleich ein Beitrag zur Begriffsbestimmung, in: Die Unternehmung 1963, S. 26 ff.
Koreimann, D.:	Kybernetik und Betriebspraxis. Probleme der Information und Organisation, in: Die Unternehmung 1963, S. 144 ff.
Koreimann, D.:	Kybernetische Grundlagen der Betriebswirtschaft, in BFuP 1965, S. 617 ff.
Kosiol, E.:	Grundlagen und Methoden der Organisationsforschung, Berlin 1959
Kosiol, E.:	Die Organisation des Entscheidungsprozesses, Berlin 1959
Kosiol, W.:	Organisation der Unternehmung, Wiesbaden 1962
Kramer, R.:	Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, insbesondere für die Struktur des Betriebes, Dissertation Mannheim 1962
Kreikebaum, H.:	Neuere Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der Organisationstheorie, in ZfB 1965, S. 663 ff.
Krupp, H.J.:	Der Systemcharakter der Wirtschaft und die Notwendigkeit des Methodenpluralismus, Dissertation Darmstadt 1961
Leibenstein, H.:	Economic Theory and Organizational Analysis, New York 1960
Lersch, P.:	Aufbau der Person, 6. Aufl., München 1954

Luhmann, N.:	Funktionen und Folgen formaler Organisation, Berlin 1964
Lutz, Th.:	Kybernetik, Struktur und Simulation, in: Soziale Welt 1965, S. 27 ff.
Malcolm, D.G. und Rowe, A.J.:	(Herausgeber): Management Control Systems, New York und London 1961
Mandelbrot, B.:	Der Ingenieur als Stratege. Verhaltenstheorien - Eine Definition der Kybernetik und ihre Anwendung in der Linguistik, in: Nachrichtentechnische Fachberichte (Beihefte der NTZ) 1959, S. 32 ff.
March, J.G. und Simon, H.A.:	Organizations, 8. Druckauflage, New York und London 1966
Marschak, J.:	Elements for a Theory of Teams, in: Management Science 1955, S. 127 ff.
Mayntz, R.:	Soziologie der Organisation, Reinbek bei Hamburg 1963
Meier, A.:	Koordination der Leitungsorganisation, in ZfhF 1961, S. 538 ff.
Menges, G.:	Das Entscheidungsproblem in der Statistik, in: Allgemeines Statistisches Archiv 1958, S. 101 ff.
Morgenstern, O.:	Die Theorie der Spiele und des wirtschaftlichen Verhaltens, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft 1950, S. 113 ff.
Morgenstern, O.:	Prolegomena to a Theory of Organizations, RAND Corporation, RM-374, 10. Dezember 1951
Müller, J.H.:	Grundlagen einer allgemeinen Theorie der Wahlakte, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 1952, S. 81 ff. und S. 186 ff.
v. Neumann, J. und Morgenstern, O.:	Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten, Würzburg 1961
Nowik, I.B.:	Zu einigen methodologischen Problemen der Kybernetik, in: Sowjetwissenschaft (Serie Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge) 1962, S. 1027 ff.

Nürck, R.:	Funktions- und strukturbedingte Regelungsmaßnahmen der Unternehmung, in ZfB 1960, S. 744 ff.
Nürck, R.:	Unternehmensführung - ein Regelungsproblem, in BFuP 1960, S. 230 ff.
Nürck, R.:	Ökonomische Regelungsprobleme in der Elektrizitätsversorgung, in ZfB 1962, S. 332 ff.
Nürck, R.:	Informationsverarbeitung in der Wirtschaft, in ZfB 1963, S. 1 ff.
Nürck, R.:	Steuerung, Regelung, Kybernetik, Wirtschaftskybernetik, in BFuP 1965, S. 329 ff.
Nürck, R.:	Wirtschaftskybernetik. Ein Schlüssel zur Ganzheitsbetrachtung, in ZfB 1965, S. 573 ff.
Ohne Verfasser:	Kybernetik - Philosophie - Gesellschaft, in: Einheit 1961 (Beilage zu Heft 7/1961), S. 1 ff.
Pack, L.:	Die Maximierung der Rentabilität als preispolitisches Ziel, in: Festschrift für Erich Gutenberg, Wiesbaden 1962, S. 73 ff.
Pack, L.:	Rationalprinzip, Gewinnprinzip und Rentabilitätsprinzip, in ZfB 1965, S. 525 ff.
Pedell, K.L.:	Elektronische Informationsverarbeitung und Fertigungssteuerung. Ein Beitrag zur betrieblichen Verfahrensforschung in der mehrstufigen Fertigung, München und Wien 1965
Pfiffner, J.M. und Sherwood, F.P.:	Administrative Organization, 3. Aufl., Englewood Cliffs 1962
Pietzsch, J.:	Die Information der industriellen Unternehmung. Grundzüge einer Organisationstheorie für elektronische Datenverarbeitung, Köln und Opladen 1964
Poletajew, I.A.:	Kybernetik - eine Einführung in eine neue Wissenschaft, 3. Aufl., Berlin 1964
Popov, E.P.:	TheDynamics of Automatic Control Systems, London-Paris-Frankfurt-Reading/Mass. 1962
Reuss, G.F.:	Management im Zeitalter des Elektronenrechners, Basel und Tübingen 1965

Rohn, W.E.: Führungsentscheidungen im Unternehmungsplanspiel, Essen 1964

Rüegg, M.: Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung in der Unternehmung unter besonderer Berücksichtigung des Warenhauses, Dissertation Zürich 1963

Sauter, B.: Die Bedeutung der Kybernetik für die Betriebsorganisation, Dissertation Mannheim 1959

Seelbach, H.: Entscheidungskriterien in der Wirtschaftlichkeitsrechnung, in ZfB 1965, S. 302 ff.

Simon, H.A.: On the Application of Servomechanism Theory in the Study of Production Control, in: Econometrica 1952, S. 247 ff.

Simon, H.A.: Das Verwaltungshandeln (Administrative Behavior), Stuttgart 1955

Simon, H.A.: Models of Man, New York 1957

Sprague, R.E.: Electronic Business Systems. Management Use of On-Line - Real-Time Computers, New York 1962

Swoboda, P.: Die simultane Planung von Rationalisierungs- und Erweiterungsinvestitionen und von Produktionsprogrammen, in ZfB 1965, S. 148 ff.

Schweiker, K.F.: Grundlagen einer Theorie betrieblicher Datenverarbeitung, Wiesbaden 1966

Schweitzer, M.: Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen, Berlin 1964

Staerkle, R.: Der Entscheidungsprozeß in der Unternehmungsorganisation, in: Die Unternehmung 1963, S. 11 ff.

Stahlmann, J.: Organisation, Entscheidung und Kommunikation, Dissertation Göttingen 1960

Steinbuch, K.: Kybernetik und Organisation, in: Zeitschrift für Organisation 1964, S. 41 ff. und 94 ff.

Stoljarow, V. und Kannegießer, K.H. Zu einigen philosophischen Fragen der Kybernetik, in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1962, S. 602 ff.

Stranzky, R.: Kybernetik ökonomischer Reproduktion. Grundriß einer Theorie der Steuerung wirtschaftlichen Verhaltens. Berlin 1966

Stratoudakis, P.: Das Kommunikationssystem als organisatorisches Problem, in ZfB 1962, S. 204 ff.

Strnad, H.: Die Kybernetik als Hilfsmittel der Fertigungssteuerung, in BFuP 1962, S. 652 ff.

Strnad, H.: Die Steuerung industrieller Fertigung in kybernetischer Sicht unter besonderer Berücksichtigung von Störeinflüssen, Diss. Darmstadt 1963

Stuhr, R.: Das Rationalprinzip in Beziehung zu den Prinzipien der Rentabilitäts- und Gewinnmaximierung, in BFuP 1965, S. 290 ff.

Thiel, R.: Zur mathematisch-kybernetischen Erfassung ökonomischer Gesetzmäßigkeiten, in: Wirtschaftswissenschaft 1962, S. 889 ff.

Thrall, R.M., Coombs, C.H. und Davis, R.L.: (Herausgeber): Decision Processes, New York und London 1954

Truninger, P.: Die Theorie der Regelungstechnik als Hilfsmittel des Operations Research, in: Industrielle Organisation. Schweizerische Zeitschrift für Betriebswissenschaft 1961, S. 475 ff.

Tucker, G.K. und Wills, D.M.: Regelkreise der verfahrenstechnischen Praxis, München 1960

Tustin, A.: Das Prinzip der Rückkopplung, in: Sammelwerk "Elektronengehirn", Wiesbaden o.J., S. 27 ff.

Ulrich, H.: Betrachtungen zur funktionalen Organisation, in ZfhF 1950, S. 11 ff.

Vassian, H.J.: Application of Discrete Variable Servo Theory to Inventory Control, in: Journal of the Operations Research Society of America 1955, S. 272 ff.

Vormbaum, H.: Die Zielsetzung der beschäftigungsbezogenen Absatzpolitik erwerbswirtschaftlich orientierter Betriebe, in ZfhF 1959, S. 624 ff.

Weaver, W.: Die Mathematik der Information, in: Sammelwerk "Elektronengehirn", Wiesbaden o.J., S. 149 ff.

v. Weiss, A.: Logischer Positivismus und Kybernetik im Blickfeld der bolschewistischen Kritik, in: Freiburger Zeitschrift für Philosophie und Theologie, Freiburg/ Schweiz 1955, S. 273 ff.

Widdel, G.: Datenverarbeitung im kommunalen Einwohnerwesen. Integrationsmodelle für den Einsatz elektronischer Rechenanlagen, Dissertation Göttingen 1966

Wiener, N.: Kybernetik - Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine, 2. revidierte und ergänzte Aufl., 1. deutsche Aufl., Düsseldorf - Wien 1963

Wieser, W.: Organismen - Strukturen - Maschinen, Frankfurt/Main 1959

Wittmann, W.: Überlegungen zu einer Theorie des Unternehmungswachstums, in ZfhF 1961, S. 493 ff.

Wöhe, G.: Betriebswirtschaftliche Steuerlehre, Band I und Band II (1. Halbband), Berlin und Frankfurt/Main 1962/1963

Lebenslauf

Am 19. Oktober 1935 wurde ich in Berlin als Sohn des Kaufmannes Oskar Janßen und seiner Ehefrau Margarethe, geb. Meyer, geboren. Die Volksschule absolvierte ich in Berlin, Haindorf (Sudetenland) und Werdau/Sachsen. Im Anschluß an die Übersiedlung nach Bremen im Jahre 1949 wurde ich in die Oberschule an der Hamburger Straße aufgenommen, wo ich im Februar 1955 die Reifeprüfung ablegte.

In den Jahren 1955/1957 folgte eine zweijährige Lehrzeit im Büro des Steuerberaters Josef Timmes, Bremen. Anschließend arbeitete ich als kaufmännischer Angestellter in der Schadensabteilung der Deutschen Krankenversicherungs-AG (Zweigniederlassung Bremen), sowie in der Finanzabteilung des Volkswagenwerkes in Wolfsburg.

Im Mai 1959 begann ich das Studium der Betriebswirtschaftslehre an der Universität Göttingen und bestand dort im Mai 1964 die Prüfung für Diplom-Kaufleute. Von 1964 bis Anfang 1968 arbeitete ich an der vorliegenden Dissertation. Außerdem war ich in den Jahren 1964/1966 als freier Mitarbeiter und ab 1.1.1967 als Direktionsassistent eines Industrieunternehmens tätig.